পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষদ কর্তৃক উচ্চতর ও বহুমুখী বিদ্যালয়ের
দশম শ্রেণীর পাঠক্রম অনুযায়ী লিখিত

রসায়ন

দ্বিতীয় খণ্ড

[দশম শ্রেণীর জন্য]

অধ্যাপক **জে. এন্. রায়**, এম্ এস্-সি.
বিভাগীয় প্রধান, রামমোহন কলেজ, কলিকাতা-৯
(প্রাক্তন সিটি কলেজ-প্রাতঃকালীন বিভাগ)

নিউ বুক এজেন্সী
১৮বি, শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট
কলিকাতা-১২

প্রকাশক—
শ্রীহেমচন্দ্র বিশ্বাস
১৮ বি, শ্যামাচরণ দে স্ট্রীট
কলিকাতা-১২।

প্রথম মুদ্রণ— ১৩৬৭,

রসায়ন—
প্রথম খণ্ড—নবম শ্রেণীর জন্য

মুদ্রাকর—

তুলসী চরণ বকসী
ন্যাশনাল প্রিন্টিং ওয়ার্কস্
৩৩ডি, মদন মিত্র লেন
কলিকাতা—৬

সাগর সামন্ত
কে. বি. প্রিন্টার্স
১/১, গোয়াবাগান ষ্ট্রীট
কলিকাতা—৬

সরোজ কুমার দে
শ্রী মুদ্রণালয়
১২, বিনোদ সাহা লেন
কলিকাতা—৬

সুনীল কুমার ভাণ্ডারী
জগদ্ধাত্রী প্রিন্টার্স
৩৯/২, পটুয়াটোলা লেন
কলিকাতা—৯

BOARD OF SECONDARY EDUCATION, WEST BENGAL
HIGHER SECONDARY COURSE
CHEMISTRY
CLASS X

COURSE CONTENT	NOTES
	(D—Demonstration by teacher)
1. Hydrogen peroxide: preparation, properties and uses.	D—Apparatus for distillation under reduced pressure.
2. (*a*) Law of conservation of mass.	D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal, phosphorus or magnesium as also for other types of reactions.
Laws of definite proportions and multiple proportions. Examples to illustrate the laws.	
(*b*) Dalton's Atomic Theory.	Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted.
3. Nitrogen and its compounds.	
(*i*) Ammonia—Preparation (laboratory method, as also synthesis*), properties, uses.	*Descriptions of commercial plants not required.
Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid,*	Refrigeration. Visit to an ice factory.
Ammonium salts—their uses: oxidation in the soil.	
(*ii*) Sodium and potassium nitrates. Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia); reactions of nitric acid (a) as an acid, (b) as an oxidising agent.	Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required.
Nitrates, action of heat on them.	

COURSE CONTENT	NOTES
(*iii*) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction product of and in relation to nitric acid.	Detailed study of these oxide. is not required.
Use of nitrous oxide in anaesthesia.	
(*iv*) The Nitrogen Cycle : necessity of using nitrogenous fertilisers.	D—Chart of the Nitrogen Cycle.
3. 1. (*a*) Phosporus as a chemical analogue of nitrogen.	Treatment of the contents not to exceed one page.
Preparation of phosphorus from phosphatic mineral ; white and red phosphorus.	
Tri and pentoxide. Orthophosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxide) : use of superphosphate of lime as manure.	
(*b*) Arsenic as another member of the same family , uses of arsenates and arsenites.	Treatment only in a short paragraph.
4. Carbon and its oxides (*a*) Allotropic forms of carbon—Uses of graphite and charcoal.	Only definition and illustration of allotropy required..
	D—Different allotropic forms.
	D—To show use of charcoal for absorbing gases ; and for removing undesirable colouring matters.
Chalk, limestone and marble Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide ; its properties and uses.	D—Chart of lime kiln.
	Simple fire-extinguishers.

COURSE CONTENT	NOTES
Carbonates and bicarbonates	D– Washing soda and baking powder.
Composition of carbon dioxide by weight and by volume.	D– Chart or assemblage of experimental arrangement
The Carbon Cycle. Mineral waters.	D– Chart of the Carbon or Carbon dioxide Cycle
(c) Carbon monoxide—preparation, properties and uses.	
5. Behaviour of gases– Boyle's Law and Charle's Law. Gas equation	Experimental verification of these laws is not required in Chemistry.
6. Gay Lussac's Law of Gaseous Volumes.	
. Avogadro's Law and its applications.	(Berzelius' attempt at correlation of volumes and number of atoms of gases is not included.)
(i) (a) Relation between molecular weight and vapour density.	
Establishment of formulae of gases from their volumetric composition	
Determination of atomic weights of elements. Numerical problems.	
(ii) Gram molecule, gram molecular weight. Problems	
Simple calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases	
9. Chlorine and its compounds,	
(i) (a) Sodium chloride. Preparation and properties of hydrogen chloride; volumetric composition.	D—Apparatus for showing volumetric composition of the gas.
Chlorides.	

COURSE CONTENT	NOTES
(b) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid and, by electrolysis of the acid and of chlorides; properties.	Only the chemistry of Weldon's and Deacon's processes required.
(*c*) Bleaching powder.	Only preparation, use and formula (without discussion).
(*ii*) Fluorine, bromine and iodine—to be read only as other members of the halogen family.	D—Bromine and iodine.
Use of aqueous hydrofluoric acid; iodine in medicine	D—Etching of glass.
10. Sulphur and its compounds,	
(*i*) Sulphur: its extraction and uses.	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required.
(*ii*) Sulphur dioxide—Preparation.—	Description of burners not required.
(*a*) by oxidation of sulphur and sulphide ores. (*b*) from sulphites. (*c*) from sulphuric acid. Properties: uses as a bleaching agent and as a preservative	
(*iii*) Sulphuric acid. Chemistry of its manufacture by lead chamber process and by contact process. Its properties (*a*) as an acid, (*b*) as a dehydrating agent.	Descriptions of commercial plants are not required.
Sulphates. Alum.	
(*iv*) Hydrogen sulphide—Preparation and properties. Use as a laboratory reagent. Sulphides.	

মৌলিক পদার্থের তালিকা

Name	Symbol	At.no.	At.wt.
Actinium	Ac	89	227
Aluminium	Al	13	26·98
Americium	Am	95	243.
Antimony	Sb	51	121 76
Argon	A	18	39·944
Arsenic	As	33	74·91
Astatine	At	85	210
Barium	Ba	56	137·36
Berkelium	Bk	97	249
Beryllium	Be	4	9 013
Bismuth	Bi	83	209·00
Boron	B	5	10·82
Bromine	Br	35	79·916
Cadmium	Cd	48	112·41
Calcium	Ca	20	40·08
Californium	Cf	98	248
Carbon	C	6	12 011
Cerium	Ce	58	140·13
Cesium	Cs	55	132·91
Chlorine	Cl	17	35·457
Chromium	Cr	24	52·01
Cobalt	Co	27	58·94
Columbium ; see Niobium			
Copper	Cu	29	63 54
Curium	Cm	96	245
Dysprosium	Dy	66	162·51
Erbium	Er	68	167·27
Europium	Eu	63	152·0
Fluorine	F	9	19·00
Francium	Fr	87	223
Gadolinium	Gd	6	157 26
Gallium	Ga	31	69 72
Germanium	Ge	32	72·60
Gold	Au	79	197·0
Hafnium	Hf	72	178·50
Helium	He	2	4·003
Holmium	Ho	67	164·94
Hydrogen	H	1	1·008
Indium	In	49	114·82
Iodine	I	53	126·91
Iridium	Ir	77	192·2
Iron	Fe	26	55·85
Krypton	Kr	36	83·80
Lanthanum	La	57	138·92
Lead	Pb	82	207·21
Lithium	Li	3	6·940
Lutecium	Lu	71	174·99
Magnesium	Mg	12	24·32
Manganese	Mn	25	54·94
Mercury	Hg	80	200·61
Molybdenum	Mo	42	95·95
Neodymium	Nd	60	144 27
Neptunium	Np	93	237
Neon	Ne	10	20·183
Nickel	Ni	28	58·71
Niobium	Nb	41	92·91
Nitrogen	N	7	14·008
Osmium	Os	76	190·2
Oxygen	O	8	16·0000
Palladium	Pd	46	106·4
Phosphorus	P	15	30·975
Platinum	Pt	78	195·09
Plutonium	Pu	94	242
Polonium	Po	84	210
Potassium	K	19	39·100
Praseodymium	Pr	59	140 92
Promethium	Pm	61	145
Protoactinium	Pa	91	231
Radium	Ra	88	226·05
Radon	Rn	86	222
Rhenium	Re	75	186·22
Rhodium	Rh	45	102·91
Rubidium	Rb	37	85·48
Ruthenium	Ru	44	101·1
Samarium	Sm	62	150·35
Scandium	Sc	21	44·96
Selenium	Se	34	78·96
Silicon	Si	14	28·09
Silver	Ag	47	107·880
Sodium	Na	11	22·991
Strontium	Sr	38	87 63
Sulphur	S	16	32·066
Tantalum	Ta	73	180·95
Technetium	Tc	43	99
Tellurium	Te	52	127·61
Terbium	Tb	65	158·93
Thallium	Tl	81	204·39
Thorium	Th	91	232·05
Thulium	Tm	69	168·64
Tin	Sn	50	118·70
Titanium	Ti	22	47·90
Tungsten	W	74	183·86
Uranium	U	92	238·07
Vanadium	V	23	50·95
Wolfram : see Tungsten			
Xenon	Xe	54	131·30
Ytterbium	Yb	70	173·04
Yttrium	Y	39	88·92
Zinc	Zn	30	65·03
Zirconium	Zr	40	91·22

সূচীপত্র

অধ্যায় পৃষ্ঠা

রসায়ন

দ্বিতীয় খণ্ড

(দশম শ্রেণীর জন্য)

অধ্যায় 1

রাসায়নিক সংযোগসূত্র

(Laws of Chemical Combinations)

তোমরা নানা রকমের পরিবর্তনের সহিত পরিচিত হইয়াছ। দেখা যায় যে এই পরিবর্তনগুলির পশ্চাতে কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম কার্য করিতেছে। বিভিন্ন উপায়ে পরীক্ষা করিয়া উহার পর্যবেক্ষণ হইতে বিজ্ঞানিগণ এই নিয়মগুলি আবিষ্কার করিয়াছেন। পরীক্ষালব্ধ ফলগুলির সাধারণ বিবরণ সূত্র (law)-এর আকারে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং বিজ্ঞানের সূত্রের ভিত্তি হইল পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ। অন্য কথায় বলা যায় যে সূত্রগুলি বাস্তব পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত।

বিভিন্ন সূত্র আবিষ্কারের পর বিজ্ঞানীরা উহাদের ব্যাখ্যা করিবার ও সূত্রগুলির মধ্যে সমন্বয় সাধন করিবার চেষ্টা করেন। এইজন্য মূলতঃ কল্পনার উপর ভিত্তি করিয়া কতকগুলি জিনিস সত্য বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়। ইহাকে প্রকল্প (hypothesis) বলে। প্রকল্প কল্পনাপ্রসূত হইলেও ইহার সাহায্যে বাস্তব ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা করিলে কোন অসঙ্গতি দেখা দিতে পারিবে না। প্রকল্পের সাহায্যে নূতন নূতন ঘটনার পূর্ব-সঙ্কেত পাওয়া সম্ভব। যদি প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে পরীক্ষা বা পর্যবেক্ষণের সাহায্যে প্রকল্পের পূর্ব-সঙ্কেতগুলি সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয় তবে প্রকল্পকে মতবাদ (theory)-এর মর্যাদা দেওয়া হয়। মতবাদের সত্যতাও বিভিন্ন পরীক্ষালব্ধ ফলের পরিপ্রেক্ষিতে যাচাই করিয়া দেখা হয়। যখন বিজ্ঞানের নূতন আবিষ্কার মতবাদের সিদ্ধান্তগুলি সত্য বলিয়া প্রমাণ করে তখন উহাকে সূত্র (law)-এর মর্যাদা দেওয়া হয়। অপর পক্ষে, প্রকল্প বা মতবাদের সিদ্ধান্তগুলি দ্বারা যদি আবিষ্কৃত তথ্য ব্যাখ্যা করা না যায়, তবে উহারা অচল হইয়া যায়।

ভরের নিত্যতা-সূত্র বা পদার্থের অবিনাশিতা-সূত্র (Law of conservation of mass or law of indestructibility of matter)—

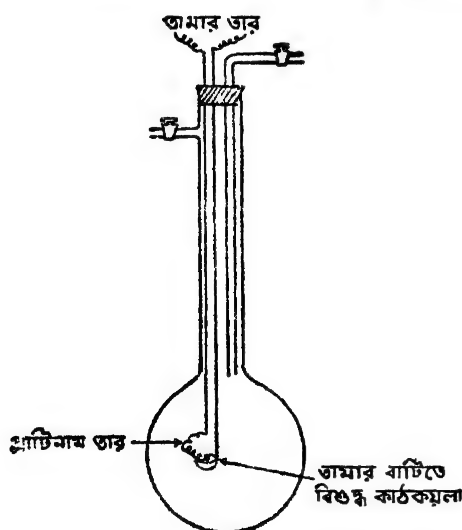
ল্যাভয়সিয়র 1774 খৃস্টাব্দে এই সূত্রটি আবিষ্কার করেন।

সূত্রটি এইরূপ—**জড় পদার্থ অবিনশ্বর, ইহার সৃষ্টি অথবা বিনাশ নাই। যে কোন রাসায়নিক বা ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের রূপান্তর ঘটে মাত্র, পরিবর্তনে অংশগ্রহণকারী পদার্থের মোট ওজনের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।**

পরীক্ষা 1. 1. ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা—ল্যাভয়সিয়র একটি কাচের রিটর্টের মধ্যে খানিকটা টিন লইয়া রিটর্টের মুখ উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করেন এবং ইহার সঠিক ওজন নির্ণয় করেন। অতঃপর তিনি রিটর্টটিকে তীব্র উত্তপ্ত করিতে থাকেন। রিটর্টের মধ্যের বায়ুর সহিত টিন যুক্ত হইয়া একটি সাদা পদার্থ উৎপন্ন করে। রিটর্ট ঠাণ্ডা করিয়া তিনি পুনরায় উহার ওজন নির্ণয় করেন; তিনি দেখিলেন যে ওজনের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই।

টিন ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া সাদা টিন অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে কিন্তু ইহার ফলে মোট ওজনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। পদার্থের রূপান্তর ঘটিয়াছে কিন্তু কোন পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় নাই।

পরীক্ষা 1. 2. কাঠকয়লার দহন-সম্পর্কিত পরীক্ষা—একটি লম্বা গলার গোলতল ফ্লাস্কের মুখে রবার কর্কের মধ্য দিয়া দুইটি তামার তার এবং স্টপ-কক যুক্ত একটি বাঁকান নল প্রবেশ করান আছে। ফ্লাস্কটির গলায় ষ্টপ-কক যুক্ত একটি পার্শ্বনল রহিয়াছে। ফ্লাস্কের মধ্যে তামার তারের একটি প্রান্তে একটি তামার বাটি যুক্ত এবং এই বাটি ও অপর তামার তারের প্রান্ত একটি প্লাটিনাম তার দ্বারা যোগ করা আছে।



চিত্র 1—কাঠকয়লার দহন সম্পর্কিত পরীক্ষা

তামার বাটিতে এক টুকরা বিশুদ্ধ কাঠকয়লা রাখ, যেন ইহা প্লাটিনাম তারের সংস্পর্শে থাকে। বাঁকান নল ও পার্শ্বনলের সাহায্যে ফ্লাস্কের বায়ু অক্সিজেন দ্বারা অপসারিত কর। এখন ফ্লাস্কটির সঠিক ওজন লও।

তামার তারের বাহিরের প্রান্ত দুইটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তের সহিত যোগ কর। তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং প্লাটিনাম তার উত্তপ্ত ও ভাস্বর হইয়া উঠে। উত্তপ্ত প্লাটিনাম তারের সংস্পর্শে কাঠকয়লা জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $C+O_2=CO_2$। কাঠকয়লা পুড়িয়া গেলে যন্ত্রটিকে শীতল হইতে দাও। অতঃপর ইহার ওজন লও। দেখ, ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং এই রাসায়নিক পরিবর্তনে কোন পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ হয় নাই।

কাঠকয়লার পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়াম, ফস্‌ফরাস, সালফার ইত্যাদি লইয়া এই পরীক্ষাটি করিতে পার। রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে ঐ পদার্থগুলির অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং প্রতিক্ষেত্রেই দেখা যায় যে পরীক্ষার পূর্বের এবং পরের ওজন একই থাকে।



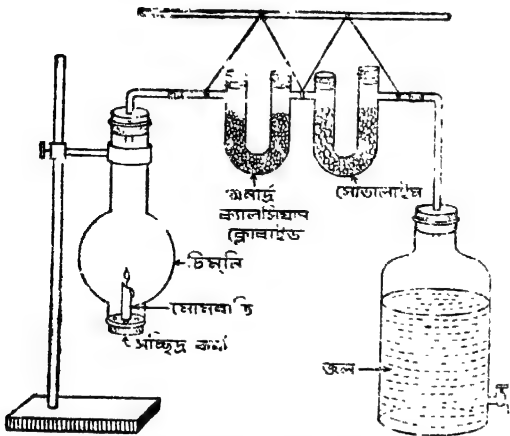
$2Mg+O_2=2MgO$; $4P+5O_2=2P_2O_5$; $S+O_2=SO_2$

এক টুকরা কাঠকয়লা বায়ুতে পোড়াইলে উহা ক্রমশঃ নিঃশেষ হইয়া যায়। জ্বলনের পরে যে সামান্য ভস্মটুকু অবশিষ্ট থাকে তাহার ওজন কাঠকয়লার ওজন অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং এক্ষেত্রে মনে হইতে পারে যে পদার্থের বিনাশ ঘটিয়াছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ঐরূপ কিছু ঘটে না। বায়ুতে জ্বলিবার ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে মিশিয়া যায়। উহার ওজন লওয়া সম্ভব হয় নাই। যদি উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঠিক ওজন লওয়া যায় তবে দেখা যায় ইহার ওজন, কাঠকয়লার ও দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট ওজনের সমান।

পরীক্ষায় দেখিয়াছ যে এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে জ্বলিলে সাদা ভস্ম উৎপন্ন হয় এবং এই সাদা ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা বেশি। ইহাতে মনে হইতে পারে যে রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে কিংবা নূতন পদার্থের সৃষ্টি হইয়াছে। যদি এই ম্যাগনেসিয়ামের ওজন এবং ইহার দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ওজন লওয়া যায়, তবে দেখা যায় যে দুই-এর মোট ওজন উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজনের সমান। সুতরাং রাসায়নিক পরিবর্তনে মোট ওজনের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই। এই ওজন-বৃদ্ধি প্রকৃত নহে, ইহা আপাত-বৃদ্ধি।

পরীক্ষা 1. 3. মোমবাতির দহন-সম্পর্কিত পরীক্ষা—একটি কাচের চিম্-

নির তলদেশে সচ্ছিদ্র কর্কের উপর একটি মোমবাতি রাখ। চিমনির উপরের মুখে কর্কের মধ্যে একটি বাঁকান কাচ-নল আছে। নলের বাহিরের প্রান্ত পর পর দুইটি U-নলের সহিত যুক্ত। প্রথম U-নলে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং দ্বিতীয় U-নলে সোডালাইম আছে। দ্বিতীয় U-নলের অপর প্রান্ত একটি জলপূর্ণ বড় বোতলের মুখে প্রবেশ করান। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে U-নল দুইটির এবং সচ্ছিদ্র কর্কসহ মোমবাতির ওজন লও। জলের বোতলের পার্শ্বনল খুলিয়া জল বাহির হইতে দাও। মোমবাতিটি জ্বালাইয়া খুব তাড়াতাড়ি চিমনির তলদেশে বসাও। জল পড়িয়া যাওয়ায় বোতলে যে শূন্যতার সৃষ্টি হয় তাহা পূর্ণ করিবার জন্য বায়ু সচ্ছিদ্র কর্কের মধ্য দিয়া চিমনিতে এবং সেখান হইতে U-নল দুইটির মধ্য দিয়া বোতলে আসে। বায়ু-প্রবাহের ফলে মোমবাতি জ্বলিতে থাকে। মোমবাতি জ্বলিয়া অনেকটা ক্ষয়প্রাপ্ত হইলে বোতলের পার্শ্বনল বন্ধ কর। বায়ুপ্রবাহ বন্ধ হইয়া মোমবাতি নিভিয়া যায়। যন্ত্র শীতল হইলে U-নল দুইটির এবং সচ্ছিদ্র কর্কসহ অবশিষ্ট মোমবাতির ওজন লও। দেখ,—



চিত্র 2—মোমবাতির দহন-সম্পর্কিত পরীক্ষা

(i) মোমবাতির ওজনের হ্রাস হইয়াছে,

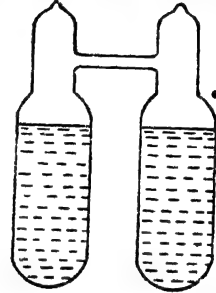
(ii) প্রথম U-নলের ওজনের বৃদ্ধি হইয়াছে,

(iii) দ্বিতীয় U-নলের ওজনের বৃদ্ধি হইয়াছে।

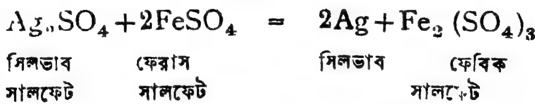
মোমের ওজন হ্রাস হওয়াতে ইহা বুঝায় না যে পদার্থের ধ্বংস হইয়াছে; কার্বন ও হাইড্রোজেন লইয়া মোম গঠিত। বায়ুতে জ্বলিলে মোমের কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে এবং হাইড্রোজেন জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। এইজন্য মোম ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। বায়ুস্রোতে তাড়িত হইয়া উৎপন্ন জলীয় বাষ্প প্রথম U-নলের

অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে শোষিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বিতীয় U-নলের সোডালাইমে শোষিত হয়। এইজন্য U-নল দুইটিরই ওজন বৃদ্ধি পায়। আরও দেখ, মোমবাতির যতটুকু পুড়িয়া নিঃশেষ হইয়াছে তাহার ওজন (অর্থাৎ মোমবাতির ওজন-হ্রাস) অপেক্ষা উৎপন্ন পদার্থ দুইটির মিলিত ওজন বেশি। সুতরাং, মনে হইতে পারে যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হইয়াছে। কিন্তু এই বর্ধিত ওজন নূতন পদার্থের সৃষ্টির জন্য নহে। ঐ ওজনের মোমবাতি পুড়িতে যতটা অক্সিজেন প্রয়োজন তাহার হিসাব ধরিলে দেখা যায়, মোমের ও অক্সিজেনের মোট ওজন উৎপন্ন পদার্থ দুইটির মোট ওজনের সমান হয়।

পরীক্ষা 1.4. ল্যান্‌ডোল্‌টের পরীক্ষা—বিজ্ঞানী ল্যান্‌ডোল্‌ট পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণ করিবার জন্য H-আকারের একটি কাচ-নল ব্যবহার করেন। নলের এক বাহুতে ফেরাস সালফেট দ্রবণ এবং অপর বাহুতে সিলভার সালফেট দ্রবণ লইয়া বাহু দুইটির উপরের মুখ উত্তাপে গলাইয়া সম্পূর্ণরূপে বন্ধ করিলেন। দ্রবণ সহ H-নলের সঠিক ওজন নির্ণয় করিলেন। অতঃপর H-নলটিকে সাবধানে কাত করিয়া দুই বাহুর দ্রবণ মিশাইলেন। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ধাতব সিলভার ও ফেরিক সালফেট উৎপন্ন হয়। ধাতব সিলভার দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়।



চিত্র 3— ল্যানডোল্‌টের পরীক্ষা



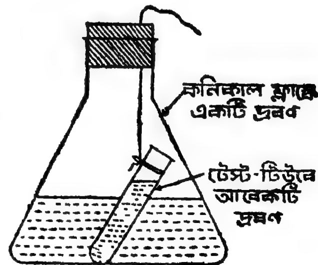
$$Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 = 2Ag + Fe_2(SO_4)_3$$

সিলভার সালফেট | ফেরাস সালফেট | সিলভার | ফেরিক সালফেট

নলটি ঠাণ্ডা হইলে তিনি পুনরায় ইহার ওজন লইলেন। বিক্রিয়ার পূর্বে H-নলের যে ওজন ছিল বিক্রিয়ার পরেও উহার একই ওজন রহিয়াছে।

এইরূপ পরীক্ষা তোমরা ল্যাবরেটরীতে নিম্নরূপে করিতে পার।

পরীক্ষা 1.5. কনিকাল ফ্লাস্কে একটি দ্রবণ লও। একটি টেস্ট-টিউবে আরেকটি



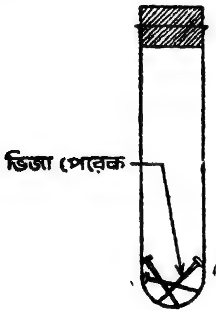
চিত্র 4—
পদার্থের নিত্যতাবাদ-এর একটি সহজ পরীক্ষা

দ্রবণ লইয়া টেস্ট-টিউবটি সুতার দ্বারা খুব সাবধানে চিত্রের ন্যায় কনিকাল ফ্লাস্কের মধ্যে ঝুলাইয়া ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ কর। লক্ষ্য রাখিবে, দ্রবণ দুইটি যেন না মিশিয়া যায়। কি কি দ্রবণ লইতে হইবে তাহা নিম্নে বলা হইয়াছে।

এখন ফ্লাস্কটি নাড়িয়া দ্রবণ দুইটি মিশাও। রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, ফ্লাস্কে দ্রবণের পরিবর্তন দেখিয়া বুঝা যায়। ফ্লাস্কটিকে পুনরায় ওজন কর। দেখ, ওজন একই আছে। নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি লইয়া পরীক্ষা করিয়া দেখ।

কনিকাল ফ্লাস্কের দ্রবণ	টেস্ট-টিউবের দ্রবণ	পর্যবেক্ষণ
(i) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ	সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	সাদা অধঃক্ষেপ
(ii) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ	পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ	গাঢ় নীল বর্ণের অধঃক্ষেপ
(iii) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ	মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ	লাল অধঃক্ষেপ
(iv) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ	কপার-সালফেট দ্রবণ	গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ

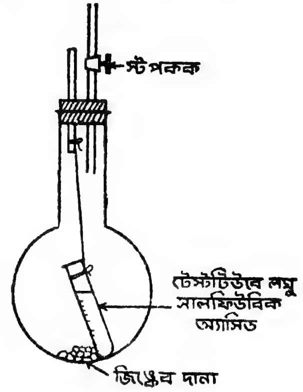
পরীক্ষা 1.6. লোহায় মরিচা পড়া সম্পর্কে পরীক্ষা—একটি মোটা টেস্ট-টিউবে কয়েকটি ভিজা পরিষ্কার লোহার পেরেক লইয়া টেস্ট-টিউবের মুখ রবার-কর্ক দিয়া বন্ধ কর। টেস্ট-টিউবটি এইরূপে কয়েক দিন রাখিয়া দাও। দেখ, পেরেকের গায়ে বাদামী আস্তরণ পড়িয়াছে অর্থাৎ লোহায় মরিচা পড়িয়াছে। টেস্ট-টিউবটি আবার ওজন কর। দেখ, ওজন একই আছে।



চিত্র 5—
লোহায় মরিচা পড়া সম্পর্কে পরীক্ষা

বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে লোহায় মরিচা পড়ে। সোদক আয়রনের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের মোট ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই।

এক টুক্‌রা ভিজা লোহা বায়ুতে রাখিলে যখন উহাতে মরিচা পড়ে তখন দেখা যায় যে লোহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। এই ওজন বৃদ্ধি যে আপাত-বৃদ্ধি তাহা এখন সহজেই বুঝিতে পার। লোহার এবং প্রয়োজনীয় অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের মোট ওজন লইলে দেখা যাইত যে উহা অপরিবর্তিত আছে।



চিত্র 6—গ্যাসীয় পদার্থ উৎপাদন সম্পর্কে পরীক্ষা

পরীক্ষা 1.7. একটি গোলতল ফ্লাস্কে কয়েকটি জিঙ্কের দানা লও। একটি টেস্ট-টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া টেস্ট-টিউবটি ফ্লাস্কের মধ্যে (চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে) সুতার সাহায্যে ঝুলাইয়া রাখ। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের মধ্য দিয়া স্টপ-ককযুক্ত একটি কাচনল আছে। পাম্পের সাহায্যে ফ্লাস্কের বায়ু বাহির করিয়া স্টপ-কক বন্ধ কর এবং ফ্লাস্কটির ওজন লও। একটু নাড়া দিয়া টেস্ট-টিউবেব অ্যাসিড জিঙ্কের সহিত মিশাও। বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে ওজন করিয়া দেখ যে উহার ওজন সমান আছে।

পরীক্ষা 1. 8. ভৌত পরিবর্তন সম্পর্কে পরীক্ষা—একটি লম্বা টেস্ট-টিউবে কয়েক টুক্‌রা আয়োডিনের কেলাস লইয়া টেস্ট-টিউবের মুখ রবার-কর্ক দিয়া বন্ধ কর। টেস্ট-টিউবটির ওজন লও। এখন টেস্ট-টিউবটিকে ধীরে ধীরে গরম কর। আয়োডিনের বেগুনী বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং টেস্ট-টিউবের উপরের শীতল অংশে কঠিনরূপে জমা হয়। এখানে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হইয়াছে। ঘরের তাপমাত্রায় শীতল হইলে টেস্ট-টিউবটি পুনরায় ওজন কর। দেখ, পূর্বের ওজন এবং এই ওজন সমান।

এই পরীক্ষাটি অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা কর্পূর লইয়া করিতে পার। এখন সহজেই বুঝিতে পারিবে, এক খণ্ড কর্পূর বায়ুতে রাখিলে কেন উহার ওজন কমিয়া যায়। কর্পূর খুব উদ্বায়ী; সাধারণ তাপমাত্রায় কর্পূর উদ্বায়িত হয় এবং কর্পূরের বাষ্প বায়ুতে মিশিয়া যায়। তাই ইহার আপাত ওজন-হ্রাস ঘটে।

এই পরীক্ষাগুলি হইতে প্রমাণিত হয় যে রাসায়নিক বা ভৌত পরিবর্তনে পদার্থগুলির মোট ওজনের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। তোমরা জান, ওজন ও ভর সমানুপাতিক। তাই এই সূত্রকে ভরের নিত্যতা সূত্র বলা হইয়াছে।

যদি A নামের কোন পদার্থের a গ্রাম, B নামের কোন পদার্থের b গ্রামের সহিত বিক্রিয়ায় C নামের পদার্থের c গ্রাম এবং D নামের পদার্থের d গ্রাম উৎপন্ন হয়, তবে এই সূত্রানুসারে, (a+b) গ্রাম=(c+d) গ্রাম।

স্থিরানুপাতসূত্র (Law of definite or constant proportions)—ফরাসী বিজ্ঞানী প্রাউস্ট (Proust) 1797 খৃস্টাব্দে স্থিরানুপাত সূত্র বিবৃত করেন।

সূত্রটি এইরূপ—**কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদা নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ-সমূহ লইয়া গঠিত এবং সেই যৌগিক পদার্থে উহার উপাদান-মৌলিক পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট।**

(a) জলের বিভিন্ন উৎস আছে যথা,—বৃষ্টির জল, সমুদ্রের জল, নদীর জল, কূপ ও প্রস্রবণের জল। ইহা ছাড়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালাইয়া জল প্রস্তুত করা যায়, অথবা উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়াও জল পাওয়া যায়। যে কোন উৎস হইতে জল সংগ্রহ করা হউক বা যে কোন উপায়ে উহা প্রস্তুত করা হউক না কেন সর্বদাই দেখা যায় যে,

(1) বিশুদ্ধ জল, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন—এই দুইটি মৌলিক পদার্থ লইয়া গঠিত।

(2) বিশুদ্ধ জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা 1 : 8।

ওজনের এই অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট, ইহার কোন ব্যতিক্রম নাই। ওজনের অন্য অনুপাতে অবশ্য ইহারা যুক্ত হইতে পারে কিন্তু সেক্ষেত্রে যৌগিক পদার্থ জল হইতে পারে না।

(b) সোডিয়াম ক্লোরাইড (সাধারণ লবণ) সমুদ্রের জল, লবণ-হ্রদের জল এবং লবণের খনি হইতে সংগ্রহ করিয়া বিশুদ্ধ করা যায়। ল্যাবরেটরীতে সোডিয়াম ও ক্লোরিন হইতেও বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। দেখা যায় যে,

(1) বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ও ক্লোরিন—এই দুইটি মৌলিক পদার্থ লইয়া গঠিত।

(2) বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদা 23 : 35·5।

(c) বিজ্ঞানী স্টাস (Stas) বিভিন্ন পদ্ধতিতে সিলভার ক্লোরাইড তৈয়ারী

করিয়া বিশ্লেষণ করিয়া দেখাইয়াছেন যে সিলভার ক্লোরাইডে 108 ভাগ ওজনের সিলভারের সহিত 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন সর্বদা যুক্ত থাকে।

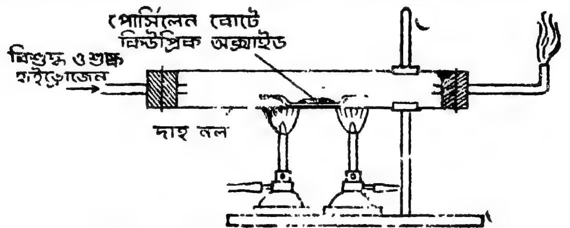
এইরূপে নানা পরীক্ষালব্ধ ফলের উপর স্থিরানুপাত-সূত্রটি সুপ্রতিষ্ঠিত।

পরীক্ষা 1.9. তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত কর।

(1) খানিকটা বিশুদ্ধ কপার (তামা) লঘু নাইট্রিক আসিডে (1 আয়তন অ্যাসিড + 1 আয়তন জল) দ্রবীভূত কর। কপার নাইট্রেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। বাষ্পীভূত করিয়া দ্রবণ শুষ্ক করিলে কঠিন কপার নাইট্রেট অবশিষ্ট থাকে। একটি পোর্সিলেন মুচিতে কঠিন কপার নাইট্রেট লইয়া তীব্র উত্তপ্ত কর। কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(2) পূর্বের ন্যায় কপার নাইট্রেট দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাতে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাও। নীল বর্ণের কপার কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিল্‌টার করিয়া অধঃক্ষেপ পৃথক কর। জল দ্বারা ধৌত কর এবং শুষ্ক কর। ইহাকে উত্তাপে বিযোজিত করিলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(3) পূর্বের ন্যায় কপার নাইট্রেট দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ মিশাইয়া ফুটাও। সোদক কপার অক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। ফিল্‌টার করিয়া অধঃক্ষেপ পৃথক কর, ধৌত কর এবং শুষ্ক কর। অতঃপর তাপ-প্রয়োগে ইহাকে বিযোজিত করিলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



চিত্র 7—স্থিরানুপাত-সূত্র সম্পর্কীয় পরীক্ষা

একটি শুষ্ক পোর্সিলেন বোটের (boat) ওজন লও। 1নং পদ্ধতিতে যে কিউপ্রিক অক্সাইড তৈয়ারী করিয়াছ তাহার খানিকটা পোর্সিলেন বোটে লইয়া পুনরায় ওজন ও মোটা নলের মধ্যে রাখ। এইরূপ কাচ-নলকে দাহ-নল (combustion tube) বলা হয়। দাহ-নলের এক মুখ দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস ধীরে ধীরে

প্রবাহিত কর। বুনসেন বার্নারের সাহায্যে দাহ-নল তীব্র উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত হইবার ফলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল বর্ণের কপারে পরিণত হয়। বিজারণ সম্পূর্ণ হইলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহে দাহ-নল ঠাণ্ডা কর। পোর্সিলেন বোট অতঃপর ডেসিকেটরে রাখিয়া শীতল করিয়া পরে উহার ওজন লও।

পরীক্ষার ফল ও গণনা—

পোর্সিলেন বোটের ওজন = a গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = b গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও উৎপন্ন কপারের ওজন = c গ্রাম,

∴ কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = (b—a) গ্রাম,

এবং উৎপন্ন কপারের ওজন = (c − a) গ্রাম,

কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (b − c) গ্রাম।

সুতরাং 1 নং পদ্ধতিতে প্রস্তুত কিউপ্রিক অক্সাইডে,

$$\frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{(c-a)}{(b-c)}$$

অথবা, শতকরা পরিমাণ হিসাবে—

$$\text{কপারের শতকরা পরিমাণ} = \frac{(c-a)\times 100}{(b-a)} \text{ ভাগ, এবং}$$

$$\text{অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{(b-c)\times 100}{(b-a)} \text{ ভাগ।}$$

2 নং এবং 3 নং পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া এই পরীক্ষাটির পুনরাবৃত্তি করিলে দেখা যায় যে উভয়ক্ষেত্রেই কপার ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত একইরূপ।

সুতরাং, এই পরীক্ষার সাহায্যে স্থিরানুপাত-সূত্রের সত্যতা নির্ণীত হইল।

উদাহরণ 1. দেখাও, নিম্নলিখিত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

(a) 1 গ্রাম ধাতব কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। কঠিন অবশেষ তীব্র উত্তপ্ত করিয়া 1·258 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া গেল।

(b) 0·907 গ্রাম কপারকে প্রথমে নাইট্রেট লবণে এবং পরে কার্বনেট লবণে পরিণত করা হইল। কার্বনেট লবণকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে 1·141 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

(c) 1·5875 গ্রাম কপারকে সোদক অক্সাইডে পরিণত করা হইল। ইহাকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে 1·9975 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে।

Show that the following results are in agreement with the law of constant proportions.

(a) 1 g. of metallic copper was dissolved in nitric acid and the solution was evaporated to dryness. The solid was strongly heated when 1·258 g. of cupric oxide were obtained.

(b) 0·907 g. of copper was converted into nitrate and then into carbonate, which on strong heating, gave 1·141 g. of cupric oxide.

(c) 1·5875 g. of copper were converted into the hydrated oxide which was then ignited, leaving a residue of 1·9975 g. of cupric oxide.

সমাধান—

(a) কপারের ওজন = 1 গ্রাম ; কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = 1·258 গ্রাম।

∴ কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (1·258 − 1) বা 0·258 গ্রাম।

$$\therefore \frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{1}{0 \cdot 258} = 3 \cdot 87.$$

(b) কপারের ওজন = 0·907 গ্রাম ; কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = 1·141 গ্রাম।

∴ কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (1·141 − 0·907) বা 0·234 গ্রাম।

$$\therefore \frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{0 \cdot 907}{0 \cdot 234} = 3 \cdot 87.$$

(c) কপারের ওজন = 1·5875 গ্রাম ; কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = 1·9975 গ্রাম।

∴ কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (1·9975 − 1·5875) বা 0·41 গ্রাম।

$$\therefore \frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{1 \cdot 5875}{0 \cdot 41} = 3 \cdot 87.$$

বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত কিউপ্রিক অক্সাইডে কপার এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা নির্দিষ্ট। সুতরাং পরীক্ষালব্ধ ফল স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 2. দেওয়া আছে—

(a) একটি ধাতুর 0·12 গ্রাম লইয়া বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(b) ধাতুর কার্বনেট ও নাইট্রেট লবণে ধাতুটির শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 28·5 ও 16·2.

1 গ্রাম কার্বনেট ও 1 গ্রাম নাইট্রেট লবণকে উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা স্থিরানুপাত সূত্রের সাহায্যে বাহির কর।

Given that—(a) 0·12 g. of a metal gives 0·20 g. of oxide when heated in air.

(b) Its carbonate and nitrate contain 28·5 per cent and 16·2 per cent of the metal respectively.

Apply the law of definite proportions to calculate what weight of the oxide will be obtained by heating 1·00 g. each of the carbonate and the nitrate. [*H. S. Exam. 1963*]

সমাধান—ধাতব অক্সাইডের ওজন = 0·20 গ্রাম,

ধাতুর ওজন = 0·12 গ্রাম,

∴ অক্সিজেনের ওজন = 0·08 গ্রাম।

সুতরাং ধাতব অক্সাইডে, $\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{0·12}{0·08} = \frac{3}{2}$

100 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 28·5 গ্রাম,

∴ 1 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 0·285 গ্রাম।

স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত ধাতব অক্সাইডে ধাতু ও অক্সিজেনের ওজন সর্বদাই 3 : 2 অনুপাতে থাকিবে। সুতরাং কার্বনেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডে, $\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{2}$ বা $\frac{0·285}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{2}$

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন $= \frac{0·285 \times 2}{3} = 0·190$ গ্রাম।

∴ 1 গ্রাম কার্বনেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন = (0·285 + 0·190) বা 0·475 গ্রাম

1 গ্রাম ধাতব নাইট্রেটে ধাতুর ওজন 0·162 গ্রাম,

সুতরাং পূর্বের ন্যায়, $\frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{3}{2}$ বা $\frac{0·162}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{3}{2}$

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন $=\frac{0·162\times 2}{3}=0·108$ গ্রাম।

∴ 1 গ্রাম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $=(0·162+0·108)$ বা 0·270 গ্রাম।

গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions)—

জন ডাল্টন 1803 খৃস্টাব্দে গুণানুপাত সূত্র বিবৃত করেন।

সূত্রটি এইরূপ—**যখন দুইটি মৌলিক পদার্থ পরস্পর যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে তখন উহাদের একটি মৌলিক পদার্থের কোন এক নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলিক পদার্থটির যে বিভিন্ন ওজন যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলি সর্বদা একটি সরল অনুপাতে থাকে।**

"সরল অনুপাত" বলিতে সাধারণতঃ ছোট পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত বুঝায়; যথা, 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3, 3 : 4 ইত্যাদি।

(a) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া দুইটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে। উহাদের একটি জল এবং অপরটি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড। জলে—

2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত আছে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে—

2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত আছে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত,

∴ 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন হইতেছে 16 ভাগ ও 32 ভাগ।

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত হইল, 16 : 32 বা 1 : 2, একটি সরল অনুপাত।

হাইড্রোজেনের যে কোন ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরা যায়। যথা, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হইল 8 : 16, বা 1 : 2, একটি সরল অনুপাত।

আবার, অক্সিজেনের যে কোন ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরা যায়। নির্দিষ্ট

ওজন 16 ভাগ ধরিলে, ঐ পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত 2 : 1, একটি সরল অনুপাত।

(b) আয়রন ও ক্লোরিন যুক্ত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড ও ফেরিক ক্লোরাইড, এই দুইটি যৌগ গঠন করে।

ফেরাস ক্লোরাইডে ওজন হিসাবে—

56 ভাগ আয়রন যুক্ত আছে 71 ভাগ ক্লোরিনের সহিত,

ফেরিক ক্লোরাইডে ওজন হিসাবে—

56 ভাগ আয়রন যুক্ত আছে 106·5 ভাগ ক্লোরিনের সহিত।

সুতরাং 56 ভাগ ওজনের আয়রনের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হইল 71 : 106·5 বা 1 : 1·5 অর্থাৎ 2 : 3, একটি সরল অনুপাত।

(c) কপার ও অক্সিজেন দুইটি যৌগ গঠন করে—কিউপ্রাস অক্সাইড ও কিউপ্রিক অক্সাইড।

কিউপ্রাস অক্সাইডে ওজন হিসাবে—

127 ভাগ কপার যুক্ত আছে 16 ভাগ অক্সিজেনের সহিত,

কিউপ্রিক অক্সাইডে ওজন হিসাবে—

63·5 ভাগ কপার যুক্ত আছে 16 ভাগ অক্সিজেনের সহিত,

সুতরাং নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের (16 ভাগ) সহিত যুক্ত কপারের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হইল, 127 : 63·5, বা 2 : 1, একটি সরল অনুপাত।

পদার্থের গঠন শতকরা মাত্রায় দেওয়া থাকিলে নিম্নরূপে সূত্রটি প্রমাণ করা যায়।

উদাহরণ 3. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 35·9 এবং 52·8। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

Two chlorides of a metal contain 35·9 and 52·8% of chlorine respectively. Show that the results are in accordance with the law of multiple proportions

[H. S. Exam., 1963 (comp.) , '66 (comp.)]

সমাধান—

	প্রথম ক্লোরাইড	দ্বিতীয় ক্লোরাইড
ক্লোরিনের ওজন	35·9 ভাগ	52·8 ভাগ
ধাতুর ওজন	(100 – 35·9) = 64·1 ভাগ	(100 – 52·8) = 47·2 ভাগ।

মনে কর ক্লোরিনের 1 ভাগ ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরা হইল।

প্রথম ক্লোরাইডে,

35·9 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে 64·1 ভাগ ধাতুর সহিত,

∴ 1 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে $\frac{64 \cdot 1}{35 \cdot 9}$ বা 1·785 ভাগ ধাতুর সহিত।

এইরূপ দ্বিতীয় ক্লোরাইডে,

1 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে $\frac{47 \cdot 2}{52 \cdot 8}$ বা 0·893 ভাগ ধাতুর সহিত।

সুতরাং, নির্দিষ্ট ওজনের ক্লোরিনের (এখানে 1 ভাগ) সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত—

1·785 : 0·893 বা 2 : 1

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

এইরূপ অঙ্ক করিবার সময়ে মনে রাখিবে যে মৌল দুইটির কোন একটির যে কোন নির্দিষ্ট ওজন লওয়া যাইতে পারে।

আবার মনে কর, ধাতুটির 1 ভাগ ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরা হইল।

প্রথম ক্লোরাইডে, 1 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= \frac{35 \cdot 9}{64 \cdot 1} = 0 \cdot 560$ ভাগ।

দ্বিতীয় ক্লোরাইডে, 1 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= \frac{52 \cdot 8}{47 \cdot 2} = 1 \cdot 119$ ভাগ।

∴ ওজন দুইটির অনুপাত = 0·560 : 1·119 বা 1 : 2

ইহা একটি সরল অনুপাত।

আবার দেখ, ক্লোরিনের 35·9 ভাগ ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরিয়া—

প্রথম ক্লোরাইডে, 35·9 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে 64·1 ভাগ ধাতুর সহিত।

দ্বিতীয় ক্লোরাইডে, 35·9 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে $\frac{47 \cdot 2 \times 35 \cdot 9}{52 \cdot 8}$ বা 32·09 ভাগ ধাতুর সহিত।

∴ ওজন দুইটির অনুপাত = 64·1 : 32·09

বা 2 : 1, একটি সরল অনুপাত।

উদাহরণ 4. লেডের তিনটি অক্সাইডে লেডের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 92·83, 90·66 এবং 86·62 ভাগ। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

Three oxides of lead contain 92·83 per cent, 90·66 per cent and 86·62 per cent respectively of lead. Show that the results agree with the law of multiple proportions.

সমাধান—

	প্রথম অক্সাইড	দ্বিতীয় অক্সাইড	তৃতীয় অক্সাইড
লেডের ওজন	92·83 ভাগ	90·66 ভাগ	86·62 ভাগ
অক্সিজেনের ওজন	(100—92·83) = 7·17 ভাগ	(100—90·66) = 9·34 ভাগ	(100—86·62) = 13·38 ভাগ

মনে কর, লেডের 1 ভাগ ওজনকে নির্দিষ্ট ওজনরূপে ধরা হইল।

1 ভাগ লেডের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন—

প্রথম অক্সাইডে, $\frac{7\cdot17}{92\cdot83} = \cdot0772$ ভাগ

দ্বিতীয় অক্সাইডে, $\frac{9\cdot34}{90\cdot66} = \cdot1030$ ভাগ

তৃতীয় অক্সাইডে, $\frac{13\cdot38}{86\cdot62} = \cdot1544$ ভাগ।

সুতরাং নির্দিষ্ট ওজনের (এখানে 1 ভাগ) লেডের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত—

·0772 : ·1030 : ·1544

বা, 1 : 1·33 : 2·00 (·0772 দ্বারা ভাগ করিয়া)

বা, 3 : 3·99 : 6 (3 দ্বারা গুণ করিয়া)

বা, 3 : 4 : 6 (আসন্ন মানে)

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 5. কোন ধাতুর দুইটি অক্সাইড পাওয়া যায়। প্রত্যেকটির 1 গ্রাম বিজারণ করিলে যথাক্রমে 0·798 ও 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। প্রমাণ কর যে ধাতুর অক্সাইড দুইটি গুণানুপাত সূত্রটি সমর্থন করে।

A metal forms two oxides. When 1 gram of each oxide is reduced, the weights of the metal produced are found to be

0·798 and 0·888 gram respectively. Show that the experimental results support the law of multiple proportions.

[H. S. Exam. 1968]

সমাধান—প্রথম ধাতব অক্সাইডের ওজন = 1 গ্রাম এবং উৎপন্ন ধাতুর ওজন 0·798 গ্রাম। সুতরাং প্রথম অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন = (1 – 0·798) বা 0·202 গ্রাম।

দ্বিতীয় ধাতব অক্সাইডের ওজন = 1 গ্রাম এবং উৎপন্ন ধাতুর ওজন = 0·888 গ্রাম। সুতরাং দ্বিতীয় অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন = (1 – 0·888)

বা 0·112 গ্রাম।

প্রথম অক্সাইডে

0·202 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·798 গ্রাম ধাতুর সহিত,

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0{\cdot}798}{0{\cdot}202}$ বা 3·95 গ্রাম ধাতুর সহিত।

দ্বিতীয় অক্সাইডে

0·112 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·888 গ্রাম ধাতুর সহিত,

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0{\cdot}888}{0{\cdot}112}$ বা 7·9 গ্রাম ধাতুর সহিত।

অতএব নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত = 3·95 : 7·9 = 1 : 2, একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্রটি সমর্থন করে।

উদাহরণ 6. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে, যথা A এবং B। প্রতিটি অক্সাইডকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ না উহার ওজন স্থির হয়। এই পরীক্ষার ফল নিম্নরূপ—

2·00 গ্রাম A হইতে 0·2517 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়;

1·00 গ্রাম B হইতে 0·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়।

দেখাও যে পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্রের একটি উদাহরণ।

A metal forms two oxides, A and B. The following results were obtained when each of the oxides was heated to constant weight in a current of pure hydrogen.

2·00 g. of A gave 0·2517 g. of water,
1·00 g. of B gave 0·2264 g. of water.

Show that these results illustrate the law of multiple proportions.

সমাধান—হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে ধাতব অক্সাইডটি উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন জলে যত অক্সিজেন আছে তাহা ধাতব অক্সাইডে রহিয়াছে। ধাতব অক্সাইড ধাতুতে বিজারিত হয়।

A অক্সাইড—

18 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে 16 গ্রাম,

∴ 0·2517 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে $\frac{16}{18} \times 0{\cdot}2517$ বা 0·2237 গ্রাম,

সুতরাং 0·2237 গ্রাম অক্সিজেন আছে 2 গ্রাম A অক্সাইডে,

∴ ধাতুর ওজন $= (2 - 0{\cdot}2237)$ বা 1·7763 গ্রাম।

B অক্সাইড—

0·2264 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে $\frac{16}{18} \times 0{\cdot}2264$ বা 0 2012 গ্রাম,

সুতরাং 0·2012 গ্রাম অক্সিজেন আছে 1 গ্রাম B অক্সাইডে,

∴ ধাতুর ওজন $= (1 — 0{\cdot}2012)$ বা 0·7988 গ্রাম।

A অক্সাইডে,

0·2237 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 1·7763 গ্রাম ধাতুর সহিত,

∴ 1 গ্রাম ,, ,, $\frac{1{\cdot}7763}{0{\cdot}2237}$ বা 7·94 গ্রাম ধাতুর সহিত।

B অক্সাইডে,

0·2012 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·7988 গ্রাম ধাতুর সহিত,

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0{\cdot}7988}{0{\cdot}2012}$ বা 3·97 গ্রাম ধাতুর সহিত।

সুতরাং নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হইল 7·94 : 3·97 অর্থাৎ 2 : 1, একটি সরল অনুপাত।

অতএব পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্রানুযায়ী হইয়াছে।

পরীক্ষা 1·10. দুইটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সিলেন বোট (boat)-এর পৃথক ভাবে ওজন লও। প্রথম বোটে খানিকটা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কালো কিউপ্রিক

অক্সাইড লইয়া আবার ওজন কর। দ্বিতীয় বোটে খানিকটা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক লাল কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া আবার ওজন কর। এখন প্রথম বোটের কিউপ্রিক অক্সাইড 1.9. নং পরীক্ষায় বর্ণিত উপায়ে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত কর। তারপর দ্বিতীয় বোটের কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া ঐরূপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত কর।

কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া পরীক্ষার ফল—

পোর্সিলেন বোটের ওজন $= a$ গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= b$ গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও উৎপন্ন কপারের ওজন $= c$ গ্রাম,

$\therefore$ উৎপন্ন কপারের ওজন $= (c-a)$ গ্রাম,

এবং অক্সিজেনের ওজন $= (b-c)$ গ্রাম।

সুতরাং, $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(c-a)$ গ্রাম কপারের সহিত,

অথবা, 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{(c-a)}{(b-c)}$ " " "।

কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া পরীক্ষার ফল—

পোর্সিলেন বোটের ওজন $= d$ গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও কিউপ্রাস অক্সাইডের ওজন $= e$ গ্রাম,

পোর্সিলেন বোট ও উৎপন্ন কপারের ওজন $= f$ গ্রাম,

$\therefore$ উৎপন্ন কপারের ওজন $= (f-d)$ গ্রাম,

এবং অক্সিজেনের ওজন $= (e-f)$ গ্রাম।

সুতরাং, $(e-f)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(f-d)$ গ্রাম কপারের সহিত,

অথবা, 1 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{(f-d)}{(e-f)}$,, ,, ,,।

কিউপ্রিক ও কিউপ্রাস অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত কপারের যে ওজন দুইটি যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত $\frac{(c-a)}{(b-c)} : \frac{(f-d)}{(e-f)}$।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে এই অনুপাত সর্বদা 1 : 2 হয়। সুতরাং গুণানুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইল।

ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ (Dalton's atomic theory)—

জন ডালটন 1803 খৃস্টাব্দে সুনির্দিষ্টভাবে পদার্থের গঠন সম্পর্কে এক মতবাদ প্রকাশ করেন। এই মতবাদকে **ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ** বলা হয়। ডালটনের পরমাণুবাদের স্বীকার্যগুলি (postulates) নিম্নরূপ।



চিত্র 8—জন ডালটন (1766—1844)

(1) প্রতিটি মৌলিক পদার্থ বহু সংখ্যক অতি ক্ষুদ্র ও অবিভাজ্য কণিকা লইয়া গঠিত। এই কণিকাগুলিকে পরমাণু বলা হয়।

(2) একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন একই এবং ধর্মও এক।

(3) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন ভিন্ন এবং ধর্মও ভিন্ন।

(4) মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি সরল ও সুনির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে।

ডাল্‌টনের মতবাদ অনুযায়ী মৌলিক বা যৌগিক, যে কোন পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকেই পরমাণু বলা হইয়াছে। মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে "সরল পরমাণু" (simple atom) এবং যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে "যৌগিক পরমাণু" (compound atom) বলা হইত। অণুর অস্তিত্বের কল্পনা ইহার অনেক পরে হইয়াছিল।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ রসায়নের প্রগতির ভিত্তিস্বরূপ। পরীক্ষার সাহায্যে ইহা প্রমাণ করা সম্ভব না হইলেও ইহার সাহায্যে এরূপ কতকগুলি সিদ্ধান্ত করা যায় যাহা পরীক্ষার দ্বারা সমর্থিত হইয়াছে।

পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু সৃষ্টি করা বা ধ্বংস করা যায় না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে, বিক্রিয়ার পরেও ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু থাকে। আবার, পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট বলিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের ওজন এবং বিক্রিয়ক পদার্থের ওজন সমান। ইহাই ভরের নিত্যতা-সূত্র। ইহা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে। আবার, একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে এবং ধর্মে একই। ইহা হইতে আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত করা যায় যে, কোন নির্দিষ্ট বিশুদ্ধ রাসায়নিক যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন নমুনাগুলির গঠন অভিন্ন হইবে; কারণ একই যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন নমুনাগুলিতে একই প্রকার মৌলিক পদার্থসমূহের পরমাণুগুলি নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত থাকে। এই সিদ্ধান্তই রাসায়নিক বিশ্লেষণের ভিত্তি—ইহাই স্থিরানুপাত সূত্র। ইহাও পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত। এইরূপে অন্যান্য রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রগুলিও পরমাণুবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব হইয়াছে।

অনুশীলনী 1

ভরের নিত্যতা-সূত্রটি লিখ। পরীক্ষার সাহায্যে কিরূপে সূত্রটি প্রমাণ করিবে?

মোমবাতি বায়ুতে জ্বলিলে যে উহার ওজনের হ্রাস হয় তাহা কিরূপে ব্যাখ্যা করিবে?

1. State the law of conservation of mass. [H. S. Exam., 1960, '62, '63, '67 (comp.); '69] How would you verify it experimentally?

How would you explain the loss in weight of a candle on burning in open air? [H. S. Exam., 1960]

2. নিম্নের প্রতিটি ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা-সূত্র যে প্রযোজ্য তাহা দেখাইয়া এক একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

(a) লোহার মরিচা ধরা, (b) কাঠ-কয়লার দহন, (c) কর্পূরের ঊর্ধ্বপাতন,

(d) ফস্‌ফরাসের দহন, (e) কোন ধাতু বা অধাতুর জারণ, (f) কোন বিজারণ-ঘটিত পরিবর্তন, (g) কোন গ্যাস উৎপাদনের বিক্রিয়া, (h) একটি ভৌত পরিবর্তন।

2. Describe one experiment each to show that the law of conservation of mass holds good for

(a) rusting of iron [H. S, Exam., 1962, '67 (comp.)], (b) burning of charcoal [H. S. Exam., 1962, '67 (comp.)], (c) sublimation of camphor (H. S. Exam., 1962), (d) burning of phosphorus, (e) oxidation of a metal or a non-metal, (f) a change involving reduction, (g) a reaction involving production of a gas, (h) a physical change.

3. পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও—মোমবাতি জ্বলিবার ফলে যে গ্যাসগুলি উৎপন্ন হয় তাহাদের ওজন মোমবাতির ওজন অপেক্ষা বেশী। উৎপন্ন গ্যাসগুলির প্রকৃতি কি তাহা বল।

3. Describe an experiment to show that the gases produced from a burning candle weigh more than the candle itself and examine the nature of the gases.

4. (a) উদাহরণ সহ স্থিরানুপাত সূত্রটি লিখ।

(b) উদাহরণ সহ গুণানুপাত সূত্রটি লিখ।

4. State and illustrate :—

(a) the law of definite proportions [H. S. Exam., 1960 (comp), 1963, '64, '64 (comp)

(b) the law of multiple proportions [H. S. Exam., 1960, '63 (comp), '64 (comp), '65 (comp), 1968]

5. স্থিরানুপাত সূত্র এবং গুণানুপাত সূত্র প্রমাণ করিবার জন্য একটি করিয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর।

5. Describe an experiment each to prove the law of definite (or constant) proportions and the law of multiple proportions.

6. ডালটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর এবং উহার উপযোগিতা উল্লেখ কর।

6. State Dalton's atomic theory and indicate its utility.

[H. S. Exam., 1963, 1967 (comp.)]

7. নিম্নলিখিত উপাত্তগুলি যে স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত তাহা দেখাও।

(a) 1 গ্রাম জিঙ্ক বায়ুতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে 1·245 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। (b) 2·0325 গ্রাম অক্সাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে 1·6325 গ্রাম জিঙ্ক উৎপন্ন হয়। (c) 1·306 গ্রাম জিঙ্ক নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। কঠিন জিঙ্ক নাইট্রেটকে উত্তাপে বিযোজিত করিলে 1·626 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

7. Show that the following data are in accordance with the law of definite proportions.

(a) 1 g. of zinc, on being strongly heated in air, gave 1·245 g. of zinc oxide. (b) 2·0325 g. of a sample of zinc oxide, on reduction by hydrogen, gave 1·6325 g. of zinc. (c) 1·306 g. of zinc were dissolved in nitric acid, the resulting solution was evaporated to dryness and the solid zinc nitrate was decomposed by heat when 1·626 g. of zinc oxide were formed.

8. সমুদ্র-জল হইতে প্রাপ্ত 1·17 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে 0·71 গ্রাম ক্লোরিন আছে; খনি হইতে প্রাপ্ত 2·925 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে 1·15 গ্রাম সোডিয়াম আছে। ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করা সোডিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা 60·67 ভাগ ক্লোরিন আছে। উল্লিখিত প্রতিটি নমুনার সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশুদ্ধ। দেখাও যে, ঐ ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

8. 1·17 g. of sodium chloride from sea-water contain 0·71 g. of chlorine; 2·925 g. of sodium chloride from a salt mine contain 1·15 g. of sodium. Sodium chloride prepared in the laboratory contains 60·67 per cent of chlorine. All the specimens of sodium chloride are pure.

Show that the results agree with the law of constant proportions.

9. বিভিন্ন নমুনার অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের বিশ্লেষণের ফলে নিম্নলিখিত ফল পাওয়া যায়। এই ফল কি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত?

	I	II	III
আয়রনের ওজন	5·422 গ্রাম	3·256 গ্রাম	1·063 গ্রাম
ক্লোরাইডের ওজন	15·735 গ্রাম	9·446 গ্রাম	3·085 গ্রাম

9. Results of analysis of different specimens of anhydrous ferric chloride were as follows. Do the results agree with the law of definite proportions ?

	I	II	III
Weight of iron	5·422 g.	3·256 g.	1·063 g.
Weight of the chloride	15·735 g.	9·446 g.	3·085 g.

10. ফেরাস সালফাইডে সালফারের শতকরা মাত্রা 36·47 ভাগ। 1 গ্রাম আয়রনের সহিত 2 গ্রাম সালফার মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল। কি পরিমাণ ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং কি পরিমাণ সালফার অপরিবর্তিত থাকে ?

10. Ferrous sulphide contains 36·47 per cent of sulphur. When 1 g. of iron is heated with 2 g. of sulphur how much ferrous sulphide is formed and how much sulphur remains unchanged ?

[Ans. FeS 1·574 g. ; S, 1·426 g.]

11. হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহাদের শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রানুযায়ী হইয়াছে।

	জল	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
হাইড্রোজেন	11·11	5·9
অক্সিজেন	88·89	94·1

11. Hydrogen and oxygen combine to form water and hydrogen per-oxide whose percentage compositions are found to be as follows. Show that the results obey the law of multiple proportions.

	Water	Hydrogen per oxide
Hydrogen	11·11	5 9
Oxygen	88·89	94·1

12. কার্বন হাইড্রোজেনের সহিত দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। উহাদের একটিতে কার্বনের শতকরা মাত্রা 75 ভাগ এবং অপরটিতে 80 ভাগ। দেখাও যে এই সংযুতি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

12. Carbon forms two gaseous hydrides containing 75 and 80 per cent of carbon respectively. Show that these compositions accord with the law of multiple proportions.

[H. S. Exam., 1964 (comp.)]

13. কপারের দুইটি অক্সাইডে কপারের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 79·89 এবং 88·82 ভাগ। ইহা যে গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ তাহা দেখাও।

13. Copper forms two oxides containing 79·89 per cent and 88·82 per cent of copper respectively. Show that the results illustrate the law of multiple proportions.

14. একটি মৌলের দুইটি অক্সাইডে মৌলটির শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 36·84 এবং 46·67। দেখাও, এই ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

14. Two oxides of an element are found to contain 36·84 and 46·67 per cent of the element. Show that the results agree with the law of multiple proportions.

15. একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড গঠন করে। অক্সাইড দুইটিতে ধাতুটির শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 79·8 এবং 88·8 ভাগ। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

15. A metal forms two oxides in which the percentages of the metal are 79·8 and 88·8 respectively. Show that the results agree with the law of multiple proportions. [H. S. Exam. 1962(comp.)]

16. আয়রনের তিনটি অক্সাইডে আয়রনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে নিম্নরূপ। ইহা কি গুণানুপাত সূত্রসম্মত?

(i) 77·78, (ii) 70, (iii) 72·41

16. Three oxides of iron contain respectively the following percentages of iron. Are these figures in agreement with the law of multiple proportions?

(i) 77·78, (ii) 70, (iii) 72·41

17. কপারের দুইটি ক্লোরাইডে কপারের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 64·2 ও 47·2 ভাগ। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

17. Two chlorides of copper contain 64·2 and 47·2 per cent of copper respectively. Show that the result is consistent with the law of multiple proportions.

18. ফস্‌ফরাসের দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 77·45% এবং 85·11% ক্লোরিন আছে। ইহা কোন্ রাসায়নিক সূত্রের উদাহরণ? যুক্তি সহ উত্তর লিখ।

18. What chemical law is illustrated by the fact that two

chlorides of phosphorus contain respectively 77·45% and 85·11% of chlorine? Show clearly the reasons for your answer.

19. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। প্রতিটি অক্সাইডকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনের মধ্যে উত্তপ্ত করিয়া উহাদের ওজন নিত্য করা হইল। ইহাতে নিম্নের যে ফলগুলি পাওয়া গেল তাহা গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ, ইহা দেখাও।

2·00 গ্রাম প্রথম অক্সাইড হইতে 1·7765 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন হয়।

1·00 গ্রাম দ্বিতীয় অক্সাইড হইতে 0·7989 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন হয়।

19. A metal has two oxides. The following results were obtained when each of the oxides was heated to a constant weight in a current of pure hydrogen. Show that the results illustrate the law of multiple proportions.

2·00 g. of the first oxide gave 1·7765 g. of the metal.

1·00 g. of the second oxide gave 0·7989 g. of the metal.

20. কোন ধাতুর একটি অক্সাইডের 0·5 গ্রাম লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে 0·1687 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। ঐ ধাতুটির দ্বিতীয় অক্সাইডের 0·4 গ্রাম ঐরূপ বিক্রিয়ায় 0·100 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। দেখাও যে ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

20. 0·5 g. of one oxide of a metal when heated in a stream of hydrogen gave 0·1687 g. of water. 0·4 g. of the second oxide of the same metal under the same conditions gave 0·100 g. of water.

Show that the results are in accordance with the law of multiple proportions.

অধ্যায় 2

বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র

(Boyle's law and Charles' law)

সকল পদার্থ অসংখ্য অণুর সমন্বয়ে গঠিত। এই অণুগুলি একেবারে গায়ে গায়ে লাগিয়া থাকে না, উহাদের পরস্পরের মধ্যে অতি সূক্ষ্ম ফাঁক বা ব্যবধান থাকে। ইহাকে আন্তরাণবিক ব্যবধান (intermolecular space) বলে। আবার, এই অণুগুলির পরস্পরের মধ্যে একটা আকর্ষণ থাকে। অণুগুলি পরস্পরকে যে বল দ্বারা আকর্ষণ করে তাহাকে আন্তরাণবিক আকর্ষণ বলে (force due to intermolecular attraction) বলে। কঠিন পদার্থের অণুগুলি খুব কাছাকাছি থাকে অর্থাৎ উহাদের আন্তরাণবিক ব্যবধান খুব কম, ফলে অণুগুলির পরস্পরের আকর্ষণ বল খুব বেশি। এজন্য কঠিন পদার্থের মধ্যে দৃঢ়তা দেখা যায় এবং ইহা নির্দিষ্ট আয়তন ও আকৃতি বজায় রাখে। তরল পদার্থের ক্ষেত্রে আন্তরাণবিক ব্যবধান বাড়িয়া যায় এবং আন্তরাণবিক আকর্ষণ বল কমিয়া যায়। তরল পদার্থের কঠিনের মত দৃঢ়তা নাই, ইহা নীচের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহার নির্দিষ্ট আয়তন আছে কিন্তু নির্দিষ্ট আকার নাই। যে পাত্রে রাখা হয় তরল পদার্থ সেই পাত্রের আকার গ্রহণ করে। গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে কতকগুলি অবস্থাজনিত ধর্মের বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে ব্যবধান এত বেশি যে উহাদের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ প্রায় না থাকার মত। ফলে এই অণুগুলি ইচ্ছামত ব্যবধানে চলিয়া যাইতে পারে এবং যত অল্প পরিমাণই হউক না কেন, যে পাত্রে ইহা থাকে তাহার সর্বত্র ছড়াইয়া পড়ে এবং পাত্রের আকার ধারণ করে। গ্যাসীয় পদার্থের তাই কোন নির্দিষ্ট আয়তন বা আকার নাই।

একটি আবদ্ধ পাত্রে কিছু পরিমাণ গ্যাস রাখিলে উহার গতিশীল অণুগুলি পাত্রের গায়ে অনবরত আঘাত করে। ইহার ফলে পত্রের গায়ে চাপ পড়ে। ইহাকে গ্যাসীয় চাপ বলে। স্বাভাবিক চাপ অপেক্ষা যদি অধিক চাপ ঐ গ্যাসের উপর প্রয়োগ করা হয় তবে গ্যাসের অণুগুলির মধ্যে পারস্পরিক ব্যবধান কমিয়া যায়। ফলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায়। আবার, চাপ যদি সরাইয়া লওয়া হয়, তাহা হইলে আন্তরাণবিক ব্যবধান বাড়িয়া যায়। ফলে গ্যাসের আয়তন

বৃদ্ধি পায়। অতএব, গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কোচনশীল এবং প্রসারণশীল। বিভিন্ন পরিমাণ চাপের প্রয়োগে একই ভরের (mass) গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন হয়।

কঠিন ও তরল পদার্থের ন্যায় গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনও তাপের প্রভাবে পরিবর্তিত হয়। তাপ বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং তাপ হ্রাসে ইহার আয়তন হ্রাস পায়। সুতরাং গ্যাসের আয়তন উল্লেখ করিলে সেই সঙ্গে চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই উল্লেখ করা প্রয়োজন।

গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুমণ্ডলের চাপ অনুযায়ী। তোমরা জান, ব্যারোমিটারের সাহায্যে কোন স্থানের বায়ু-চাপ মাপা হয়। ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা যত বায়ু-চাপ সাধারণতঃ সেই উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন স্থানে বায়ুর চাপ 75 সেন্টিমিটার (বা 750 মিলিমিটার) বলিলে বুঝায়, ঐ স্থানের বায়ু-চাপ 75 সেন্টিমিটার (বা 750 মিলিমিটার) উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের সমান। বিভিন্ন স্থানে বায়ু-চাপের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। দেখা যায়, 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বিষুবরেখার নিকট সমুদ্র-সমতলে (sea-level) বায়ুমণ্ডলে চাপ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে 76 সেন্টিমিটার উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ** (normal or standard pressure) বলা হয়। 76 সেন্টিমিটার (বা 760 মিলিমিটার ; 760 mm.) বায়ু-চাপকে **এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ** বা **এক অ্যাটমসফিয়ার** (one atmosphere) বলে।

1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 76 সেমি. পারদের চাপ,
(1 atmosphere) (76 cm. pressure of mercury).

2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 2×76 সেমি. পারদের চাপ,

$\frac{1}{2}$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = $\frac{1}{2} \times 76$ সেমি. পারদের চাপ,

70 সেমি. পারদের চাপ = $\frac{70}{76}$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ,

152 সেমি. পারদের চাপ = $\frac{152}{76}$ বা 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ।

বয়েলের সূত্র (Boyle's law)

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক রবার্ট বয়েল 1662 খৃষ্টাব্দে আবিষ্কার করেন। ইহা বয়েলের সূত্র নামে পরিচিত।

সূত্রটি এইরূপ—**নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্ত অনুপাতে (inverse proportion) পরিবর্তিত হয়।**



চিত্র ?—রবার্ট বয়েল
(1627-1691)

ইহার অর্থ, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ যত বাড়ান হয় উহার আয়তন ঠিক সেই অনুপাতে কমিয়া যায় এবং চাপ যত কমান হয়, উহার আয়তন ঠিক সেই অনুপাতে বাড়িয়া যায়।

মনে কর, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V। সুতরাং চাপ ও আয়তনের গুণফল $= P \times V$।

(1) চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হইবে, অর্থাৎ পরিবর্তিত চাপ $2P$ হইলে পরিবর্তিত আয়তন হইবে $\frac{V}{2}$

অতএব উহাদের গুণফল $= 2P \times \frac{V}{2} = P \times V$

(2) চাপ তিন ভাগের এক ভাগ করিলে আয়তন তিনগুণ হইবে, অর্থাৎ পরিবর্তিত চাপ $\frac{1}{3}P$ হইলে পরিবর্তিত আয়তন হইবে $3V$

অতএব উহাদের গুণফল $= \frac{1}{3}P \times 3V = P \times V$

(3) চাপ n গুণ করিলে আয়তন $\frac{1}{n}$ ভাগ হইবে, অর্থাৎ

পরিবর্তিত চাপ nP হইলে পরিবর্তিত আয়তন হইবে $\frac{1}{n}V$

অতএব উহাদের গুণফল $= nP \times \frac{1}{n}V = P \times V$

সুতরাং নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল নির্দিষ্ট।

অতএব, আমরা বলিতে পারি,

$PV = P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \cdots\cdots = P_nV_n = K$

অর্থাৎ, $PV = K$, যেখানে K একটি নিত্য-সংখ্যা (constant)।

বিকল্প পদ্ধতি—মনে কর, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V এবং চাপ P।

সুতরাং বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, $V \propto \frac{1}{P}$

অথবা, $V = K\frac{1}{P}$ যেখানে K একটি নিত্য-সংখ্যা।

অথবা, $PV = K$

সুতরাং নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় P_1, P_2, P_3............P_n ইত্যাদি চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3............V_n ইত্যাদি হইলে—

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \cdots = P_nV_n = K$$

উদাহরণ 1. 750 mm. চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 200 c.c.। তাপমাত্রা স্থির থাকিলে 600 mm. চাপে উহার আয়তন কত হইবে?

A quantity of gas occupies 200 c.c. at 750 mm. pressure of mercury. What volume will it occupy at 600 mm. passure, temperature remaining constant?

সমাধান—মনে কর,

প্রথম অবস্থায়—	পরিবর্তিত অবস্থায়—
চাপ $P = 750$ mm.	চাপ $P_1 = 600$ mm.
আয়তন $V = 200$ c.c.	আয়তন $V_1 = ?$

বয়েলের সূত্র অনুসারে, $P \times V = P_1 \times V_1$

সুতরাং $750 \times 200 = 600 \times V_1$

$$\therefore\ V_1 = \frac{750 \times 200}{600} = 250$$

সুতরাং পরিবর্তিত আয়তন = 250 c.c. উত্তর।

উদাহরণ 2. 2 অ্যাটমসফিয়ার চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 600 c.c.। তাপমাত্রা স্থির থাকিলে কত চাপে উহার আয়তন 400 c.c. হইবে?

A gas occupies 600 c.c. at a pressure of 2 atmospheres. At what pressure will its volume be 400 c.c., the temperature remaining constant?

সমাধান—মনে কর,

প্রথম অবস্থায়—	পরিবর্তিত অবস্থায়—
চাপ $P = 2$ অ্যাটমসফিয়ার	চাপ $P_1 =$ কত ?
আয়তন $V = 600$ c.c.	আয়তন $V_1 = 400$ c.c.

বয়েলের সূত্র অনুসারে, $P \times V = P_1 \times V_1$

সুতরাং, $2 \times 600 = P_1 \times 400$

$$P_1 = \frac{2 \times 600}{400} = 3$$

$\therefore$ পরিবর্তিত চাপ $= 3$ অ্যাটমসফিয়ার। উত্তর।

উদাহরণ 3. প্রমাণ অবস্থায় কোন এক আয়তনের বায়ুর উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া ঐ আয়তনের এক-তৃতীয়াংশ করা হইল। নূতন চাপ কত হইবে ?

A volume of air at N. T. P. is compressed to $\frac{1}{3}$rd of its original volume. What will be the new pressure ?

মনে কর, প্রমাণ চাপে অর্থাৎ 760 mm. চাপে বায়ুর আয়তন V c.c.। গ্যাসের নূতন আয়তন $= \frac{1}{3}$ V c.c.। সুতরাং নূতন চাপ P_1 হইলে, বয়েলের সূত্র অনুযায়ী।

$$760 \times V = P_1 \times \tfrac{1}{3}V$$

$$\therefore \quad 760 = P_1 \times \tfrac{1}{3}, \text{ বা } P_1 = 2280$$

সুতরাং নূতন চাপ $= 2280$ mm., উত্তর।

চার্লসের সূত্র (Charles' law)

নির্দিষ্ট চাপে তাপমাত্রার সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক গে-লুসাক 1802 খ্রীষ্টাব্দে বিবৃত করেন। ইহার পূর্বে 1787 খ্রীষ্টাব্দে চার্লস ঐরূপ সিদ্ধান্তে আসিয়াছিলেন কিন্তু তখন ঐ সিদ্ধান্ত অপ্রকাশিত ছিল। এই সূত্রটি সাধারণতঃ চার্লসের সূত্র নামে পরিচিত।

সূত্রটি এইরূপ—**নির্দিষ্ট চাপে প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার 0° সেন্টিগ্রেডের আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায়।**

মনে কর, নির্দিষ্ট চাপে এবং 0° সেন্টিগ্রেডে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের

আয়তন V_0 c.c.। চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া যদি উহার তাপমাত্রা পরিবর্তিত করা যায়, তাহা হইলে—

1°C তাপমাত্রার বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে, $V_0+V_0\cdot\frac{1}{273}$

$=V_0\left(1+\frac{1}{273}\right)$

2°C " " " " হইবে, $V_0+V_0\cdot\frac{2}{273}$

$=V_0\left(1+\frac{2}{273}\right)$

5°C " " " " হইবে, $V_0+V_0\cdot\frac{5}{273}$

$=V_0\left(1+\frac{5}{273}\right)$

t°C " " " " হইবে, $V_0+V_0\cdot\frac{t}{273}$

$=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$

1°C তাপমাত্রা হ্রাসের জন্য আয়তন হইবে, $V_0-V_0\cdot\frac{1}{273}$

$=V_0\left(1-\frac{1}{273}\right)$

2°C " " " " হইবে, $V_0-V_0\cdot\frac{2}{273}$

$=V_0\left(1-\frac{2}{273}\right)$

5°C " " " " হইবে, $V_0-V_0\cdot\frac{5}{273}$

$=V_0\left(1-\frac{5}{273}\right)$

t°C " " " " হইবে, $V_0-V_0\cdot\frac{t}{273}$

$=V_0\left(1-\frac{t}{273}\right)$

ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস করিয়া যদি $-273°$ সেন্টিগ্রেড করা হয়, তবে উহার আয়তন হইবে $V_0\left(1-\frac{273}{273}\right)=0$ অর্থাৎ দেখা যায় যে $-273°$ সেন্টিগ্রেডে আয়তনের মান শূন্য হয় অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন লোপ পায়। বাস্তব ক্ষেত্রে ইহা সম্ভব হয় না, কারণ কোন গ্যাসই অত নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে না, তরল অথবা কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। যে তাপমাত্রায় আয়তন লোপ পায় (অর্থাৎ —273° সেন্টিগ্রেড) তাহাকে **পরম শূন্য** (Aboslute zero) বলে। পরম শূন্যকে অর্থাৎ —273° সেন্টিগ্রেডকে শূন্য ধরিয়া যে তাপমাত্রার

মান পাওয়া যায় তাহাকে **পরম তাপমাত্রা** (Absolute temperature) বলে। ইহাকে ডিগ্রী (°) A-রূপে অথবা আবিষ্কারক লর্ড কেলভিনের (Lord Kelvin) নাম অনুসারে ডিগ্রী (°) K-রূপে লেখা হয়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে পরম তাপমাত্রায় $0° =$ সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় $-273°$। সুতরাং সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রাকে পরম তাপমাত্রায় পরিণত করিতে হইলে উহার সহিত 273 যোগ করিতে হয়। যথা,

$$0°C = 273° \text{ A, বা } 273°K$$
$$10°C = (273+10) \text{ বা } 283°A$$
$$40°C = (273+40) \text{ বা } 313°A$$
$$-50°C = (273-50) \text{ বা } 223°A$$

0°C বা 273°A তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা (normal temperature) **বলা হয়।**

মনে কর, স্থির চাপে 0°C, t_1°C এবং t_2°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে $V_\circ$, V_1 এবং V_2। সুতরাং চার্লসের সূত্রানুযায়ী,

$$V_1 = V_\circ + V_\circ \cdot \frac{t_1}{273} = V_\circ\left(1+\frac{t_1}{273}\right) = V_\circ\left(\frac{273+t_1}{273}\right)$$

$$V_2 = V_\circ + V_\circ \frac{t_2}{273} = V_\circ\left(1+\frac{t_2}{273}\right) = V_\circ\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{273+t_1}{273+t_2} = \frac{T_1}{T_2},$$ T_1 এবং T_2 পরম তাপমাত্রা।

সুতরাং চার্লসের সূত্রটি নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, চাপ স্থির রাখিয়া কোন গ্যাসের পরম তাপমাত্রা যদি বৃদ্ধি বা হ্রাস করা যায়, তাহা হইলে উহার আয়তনও ঠিক সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায়।

উদাহরণ 4. 27° সেন্টিগ্রেডে এক লিটার গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। চাপ স্থির থাকিলে 0° সেন্টিগ্রেডে উহার আয়তন কত হইবে ?

A litre of gas is collected at 27°C. What will be its volume at 0°C, the pressure remaining constant ?

সমাধান—

চার্লসের সূত্রানুসারে, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$, বা $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$। এখানে

$V_1=1$ লিটার | $V_2=$ কত ?
$T_1=(27+273)^\circ A=300^\circ A$ | $T_2=(0+273)^\circ A=273^\circ A$

$\therefore \frac{1}{300}=\frac{V_2}{273}$, বা $V_2=\frac{1\times 273}{300}=0{\cdot}91$ লিটার।

$\therefore$ নির্ণেয় আয়তন $=0{\cdot}91$ লিটার, উত্তর।

উদাহরণ 5. 27° সেন্টিগ্রেডে এক লিটার গ্যাস মাপা হইয়াছে। চাপ স্থির থাকিলে কত তাপমাত্রায় উহার আয়তন 2 লিটার হইবে ?

A litre of gas is measured at 27°C. At what temperature will its volume be two litres, the pressure remaining constant ?

সমাধান—

চার্লসের সূত্রানুযায়ী, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$। এখানে,

$V_1=1$ লিটার | $V_2=2$ লিটার
$T_1=(27+273)^\circ A=300^\circ A$ | $T_2=$ কত ?

$\therefore \frac{1}{300}=\frac{2}{T_2}$ বা $T_2=2\times 300=600^\circ A$.

সুতরাং নির্ণেয় তাপমাত্রা $=(600-273)^\circ C=327^\circ C$, উত্তর।

বয়েলের ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র—

মনে কর, P চাপের এবং $T^\circ A$ তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V।

বয়েলের সূত্রানুসারে, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্ত-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ,

$$V \propto \frac{1}{P}, \text{ যখন } T \text{ নির্দিষ্ট থাকে।}$$

চার্লসের সূত্রানুসারে, স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ,

$$V \propto T, \text{ যখন } P \text{ নির্দিষ্ট থাকে।}$$

সুতরাং, $V \propto \frac{T}{P}$, যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তিত হয়।

$\therefore \quad V = K\frac{T}{P}$, যেখানে K একটি নিত্য সংখ্যা,

বা, $PV = KT$, অর্থাৎ $\frac{PV}{T} = K$।

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক এই মীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যদি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, ায়তন ও পরম তাপমাত্রা দুই অবস্থায় যথাক্রমে P_1, V_1, T_1 এবং P_2, V_2, T_2 য়, তাহা হইলে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = K \text{ এবং } \frac{P_2V_2}{T_2} = K$$

সুতরাং, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এই সমীকরণ ব্যবহারকালে মনে রাখিবে যে ইহাতে সর্বদাই পরম তাপমাত্রা ্যবহার করিতে হয়। পরিবর্তনের পূর্বে ও পরে গ্যাসের আয়তন একই এককে [ঘন সেন্টিমিটার (c.c.) বা লিটার ইত্যাদি] এবং গ্যাসের চাপ একই এককে াপিতে হইবে।

$PV = KT$, এই সমীকরণে K-এর মান গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। এক গ্রাম-অণু (গ্রামে প্রকাশিত আণবিক গুরুত্ব) কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান সমান। তখন K-এর পরিবর্তে R লেখা হয় এবং সমীকরণটি হয় $PV = RT$। ইহাকে **গ্যাস-সমীকরণ** (gas equation) বা **অবস্থা-সমীকরণ** (equation of state) বলে।

প্রমাণ অবস্থা—760 মিলিমিটার বায়ুচাপ এবং 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা, এই অবস্থাকে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থা বা প্রমাণ অবস্থা বলে। ইংরাজীতে ইহাকে Normal Temperature and Pressure বা সংক্ষেপে N. T. P. বলা হয়। ইহাকে Standard Temperature and Pressure বা S. T. P.-ও বলা হয়।

গ্যাসের ঘনত্ব (Density of a gas)—

গ্যাসের বা বাষ্পের ঘনত্ব দুই প্রকারে প্রকাশ করা হয়।

(1) পরম ঘনত্ব (Absolute density)—নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় একক আয়তনের গ্যাসের ভরকে (mass) পরম ঘনত্ব বলে।

নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় V আয়তন গ্যাসের ভর যদি M হয়, তাহা হইলে,

$$\text{পরম ঘনত্ব, } D = \frac{M}{V}$$

0° সেন্টিগ্রেড এবং 760 মিলিমিটার চাপে (N. T. P.) এক লিটার গ্যাসের গ্রামে প্রকাশিত ভরকে ঐ গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব বা নর্ম্যাল ঘনত্ব (Normal density) বলে।

যথা 0°C এবং 760 mm. চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·0898 গ্রাম।

সুতরাং হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব—প্রতি লিটারে 0·0898 গ্রাম (0·0898 g. per litre)।

(2) আপেক্ষিক ঘনত্ব (Relative density)—একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমান আয়তনের হাইড্রোজেন অপেক্ষা অন্য কোন গ্যাস বা বাষ্প যত গুণ ভারী সেই সংখ্যা ঐ গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব।

হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা পদার্থ বলিয়া ইহার ঘনত্বের সহিত অন্যান্য গ্যাসের ঘনত্ব তুলনা করা হয়। আপেক্ষিক ঘনত্ব একটি তুলনামূলক রাশি। ইহাকে বাষ্প-ঘনত্ব (vapour density) বলাও প্রচলিত আছে।

আপেক্ষিক ঘনত্ব (H = 1), এইরূপ লেখা থাকিলে হাইড্রোজেনের তুলনায় কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব বুঝায়।

সংজ্ঞা অনুসারে, আপেক্ষিক ঘনত্ব (H = 1)

$$= \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ওজন বা ভর}}{\text{সমান আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন বা ভর}} \quad [\text{একই চাপে ও তাপমাত্রায়}]$$

$$= \frac{\text{1 লিটার গ্যাসের ভর}}{\text{1 লিটার হাইড্রোজেনের ভর}} \quad [\text{একই চাপে ও তাপমাত্রায়}]$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের পরম ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের পরম ঘনত্ব}}$$

সুতরাং, নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের পরম ঘনত্ব = ঐ গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব × ঐ চাপে ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের পরম ঘনত্ব।

প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ভর 0·0898 গ্রাম।

সুতরাং, প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ভর = ঐ গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব × 0·0898 গ্রাম।

গ্যাসের ঘনত্বের উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব—

মনে কর, M ভরবিশিষ্ট কোন গ্যাসের—

P চাপে আয়তন V_1 ও ঘনত্ব D_1 এবং P_2 চাপে আয়তন V_2 ও ঘনত্ব D_2

সুতরাং, $D_1 = \frac{M}{V_1}$ এবং $D_2 = \frac{M}{V_2}$

বা, $V_1D_1 = M$ এবং $V_2D_2 = M$,

অতএব, $V_1D_1 = V_2D_2$, বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$

বয়েলের সূত্রানুসারে—

$$P_1V_1 = P_2V_2, \text{ বা } \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

কিন্তু $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$, সুতরাং $\frac{D_2}{D_1} = \frac{P_2}{P_1}$

অতএব, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব চাপের সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, চাপ বাড়াইলে ঘনত্ব সেই অনুপাতে বাড়ে এবং চাপ কমাইলে ঘনত্ব সেই অনুপাতে কমিয়া যায়।

চার্লসের সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{কিন্তু } \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}, \text{ সুতরাং } \frac{D_2}{D_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

অতএব, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব পরম তাপমাত্রার সহিত ব্যস্ত-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, তাপমাত্রা বাড়াইলে ঘনত্ব সেই অনুপাতে কমিয়া যায় এবং তাপমাত্রা কমাইলে ঘনত্ব সেই অনুপাতে বাড়ে।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

কিন্তু $V_1 = \frac{M}{D_1}$ এবং $V_2 = \frac{M}{D_2}$

সুতরাং $\frac{P_1 M}{T_1 D_1} = \frac{P_2 M}{T_2 D_2}$, বা $\frac{P_1}{T_1 D_1} = \frac{P_2}{T_2 D_2}$

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনত্ব, চাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক এই সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ 6. 742 mm. চাপে এবং 15° সেন্টিগ্রেডে 500 c.c. গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে। প্রমাণ অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।

500 c.c. of a gas are collected under a pressure of 742 mm. and at a temperature of 15°C. Find the volume at N. T. P. (or correct the volume to N. T. P.)

সমাধান—

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$, এই সমীকরণ ব্যবহার করিতে হইবে।

প্রথম অবস্থায়—		প্রমাণ অবস্থায় (N.T.P.)—	
চাপ P_1	= 742 mm.	চাপ P_2	= 760 mm.
আয়তন V_1	= 500 c.c.	আয়তন V_2	= কত ?
তাপমাত্রা T_1	= (15 + 273)°A	তাপমাত্রা T_2	= (0 + 273)°A
	= 288°A		= 273°A

সুতরাং, $\frac{742 \times 500}{288} = \frac{760 \times V_2}{273}$

$\therefore \ V_2 = \frac{742 \times 500 \times 273}{760 \times 288} = 462 \cdot 73$ c.c. উত্তর।

উদাহরণ 7. 75 cm. চাপে 27° সেন্টিগ্রেডে নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের আয়তন 2·5 লিটার। 70 cm. চাপে এবং 100° সেন্টিগ্রেডে উহার আয়তন কত হইবে ?

A given mass of a gas occupies a volume of 2·5 litres at 27°C and 75 cm. pressure of mercury. What volume will it occupy at 100°C and 70 cm. pressure of mercury ?

সমাধান—

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$, এই সমীকরণ ব্যবহার করিতে হইবে

প্রথম অবস্থায়—		পরিবর্তিত অবস্থায়—	
চাপ P_1	$= 75$ cm.	চাপ P_2	$= 70$ cm.
আয়তন V_1	$= 2·5$ লিটার	আয়তন V_2	= কত ?
তাপমাত্রা T_1	$= (27+273)°A$	তাপমাত্রা T_2	$= (100+273)°A$
	$= 300°A$		$= 373°A$

সুতরাং, $\frac{75 \times 2·5}{300} = \frac{70 \times V_2}{373}$

বা $V_2 = \frac{75 \times 2·5 \times 373}{70 \times 300} = 3·33$ লিটার, উত্তর।

জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের চাপ—জলের উপর যে গ্যাস সংগ্রহ করা হয় তাহা আর্দ্র এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত থাকে। সুতরাং এই গ্যাসের চাপ মাপিবার সময় জলীয় বাষ্পের চাপের অস্তিত্ব বিবেচনা করা হয়। গ্যাস সংগ্রহ করিবার পর গ্যাসজারের ভিতরের ও বাহিরের জল-তল সমান রাখা হয়। এই অবস্থায় বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = গ্যাসজারের মধ্যের আর্দ্র গ্যাসের চাপ।

কিন্তু আর্দ্র গ্যাসের চাপ = শুষ্ক গ্যাসের চাপ + পরীক্ষার তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ।

মনে কর, P = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ, p = শুষ্ক গ্যাসের চাপ অর্থাৎ গ্যাসের প্রকৃত চাপ এবং f = পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ।

সুতরাং, $P = p + f$, বা $p = P - f$

অর্থাৎ, শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ − জলীয় বাষ্পের চাপ।

উদাহরণ 8. 756 mm. চাপে এবং 12°C সেণ্টিগ্রেডে জলের উপর 36 c.c. গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে। প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত ? 12° সেণ্টিগ্রেডে জলীয় বাষ্পের চাপ = 11 mm.

36 c.c. of a gass are collected over water at 12°C and 756 mm. pressure. What is the volume of the dry gas at N.T.P. ? Tension of aqueous vapour at 12°C = 11 mm.

সমাধান—

শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ − জলীয় বাষ্পের চাপ

$$=(756-11)=745 \text{ mm.}$$

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$, এই সমীকরণ ব্যবহার করিয়া (6নং উদাহরণের ন্যায়)

$$\frac{760\times V}{273}=\frac{745\times 36}{273+12}$$

$$\text{বা,}\quad V=\frac{273\times 745\times 36}{760\times 285}=33{\cdot}8 \text{ c.c.}$$

উদাহরণ 9. 27° সেন্টিগ্রেডে কিছু পরিমাণ গ্যাস ও উহার মধ্যে অবস্থিত এক টুকরা কাচের মোট আয়তন 100 c.c.। চাপ ও তাপমাত্রা দ্বিগুণ করিলে উহাদের মোট আয়তন হয় 59·3 c.c.। কাচের টুক্‌রার আয়তন বাহির কর।

A quantity of a gas together with a piece of glass measures 100 c.c. at 27°C. When the pressure is doubled and the temperature raised to twice the above figure, the combined volume is found to be 59·3 c.c. Find the volume of the piece of glass.

[*Patna University*]

সমাধান—

মনে কর, কাচের টুক্‌রার আয়তন = V c.c.।

সুতরাং প্রথম অবস্থায় গ্যাসের আয়তন (100 − V) c.c. এবং পরিবর্তিত অবস্থায় উহার আয়তন (59·3 − V) c.c.।

প্রথম অবস্থায়—		পরিবর্তিত অবস্থায়—	
চাপ	= P, মনে কর।	চাপ	= 2P
তাপমাত্রা	= (27 + 273)°A	তাপমাত্রা	= (54 + 273)°A
	= 300°A		= 327°A
আয়তন	= (100 − V) c.c.	আয়তন	= (59·3 − V) c.c.

$$\text{সুতরাং,}\ \frac{(100-V)\times P}{300}=\frac{(59{\cdot}3-V)\times 2P}{327}$$

$$\text{বা,}\quad 327\,(100-V)=300\,(59{\cdot}3-V)\times 2$$

$$\text{বা,}\quad V=10{\cdot}55 \text{ c.c.}$$

অতএব, কাচের টুক্‌রাটির আয়তন = 10·55 c.c., উত্তর।

অনুশীলনী 2

1. বয়েলের সূত্র এবং চার্লসের সূত্রটি লিখ এবং ব্যাখ্যা কর।

1. State and explain Boyle's law and Charles' law. [H. S. 1970]

2. পরম শূন্য কাহাকে বলে? পরম তাপমাত্রার স্কেল কি? প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রা বলিতে কি বোঝ?

2. What is Absolute zero? What is the Absolute scale of temperature? What do you mean by the expression—normal or standard temperature and pressure?

3. নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ এবং আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থির কর।

3. Establish the relation between temperature, pressure and volume of a given mass of gas. [H. S. 1970]

4. বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রের সাহায্যে $\frac{PV}{T}$ = নিত্য, এই সম্পর্ক নির্ধারণ কর।

4. Deduce, from Boyle's law and Charles' law, the relation, $\frac{PV}{T}$ is constant.

5. গ্যাস-সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণটি কিরূপে পাওয়া যায় দেখাও।

5. Deduce the gas equation or equation of state.

6. সংজ্ঞা লিখ—গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব এবং আপেক্ষিক ঘনত্ব।

6. Define :—normal density and relative density of a gas.

7. গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপের সহিত উহার ঘনত্বের সম্পর্ক কি?

7. How is the density of a mass of gas related to temperature and pressure?

8. 750 mm. চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 500 c.c. হইলে 850 mm. চাপে এবং পূর্বের তাপমাত্রায় উহার আয়তন কত?

8. A gas measures 500 c.c. at 750 mm. pressure. What is its volume at 850 mm. pressure and original temperature?

[Ans. 441·17 c.c.]

9. প্রমাণ চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 400 c.c.। বায়ুমণ্ডলীয় চাপের এক-পঞ্চমাংশ চাপে, অর্ধেক চাপে, 3 গুণ চাপে এবং 5 গুণ চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে কত হইবে ?

9. A gas under normal pressure measures 400 c.c. What volume will it occupy under a pressure of $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{2}$, 3, 5 atmospheres respectively ? [Ans. 2000 c.c. ; 800 c.c. ; 133·3 c.c. ; 80 c.c.]

10. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন এক আয়তনের বায়ুর উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের $\frac{1}{6}$ অংশ করা হইল। নূতন চাপ পূর্বের চাপের কত গুণ ?

10. A volume of air at a certain temperature is compressed to $\frac{1}{6}$th of its original volume. What multiple of the former pressure is the new pressure ? [Ans. 6 গুণ]

11. 27° সেন্টিগ্রেডে একটি গ্যাসের আয়তন 2 লিটার। চাপ স্থির রাখিলে কত তাপমাত্রায় ইহার আয়তন 3 লিটার হইবে ?

11. The volume of a gas at 27°C is 2 litres ; at what temperature would it occupy 3 litres, pressure remaining unaltered ?

[Ans. 177°C]

12. একই আয়তন-বিশিষ্ট দুইটি গ্যাসের একটি গ্যাস −20° সেন্টিগ্রেডে এবং দ্বিতীয়টি 20° সেন্টিগ্রেডে আছে। উভয় গ্যাস 0° সেন্টিগ্রেডে থাকিলে গ্যাস দুইটির আপেক্ষিক আয়তন কত হইবে ?

12. Two samples of gases occupy the same volume, but one is at −20°C and the other at 20°C. What is their relative voulme when both are 0°C ? [Ans. 29 : 3253]

13. 100 c.c. আয়তনের একটি গ্যাসকে 0°C হইতে −30°Cএ শীতল করা হইল। আয়তনের সঙ্কোচন কত হইবে ?

13. 100 c.c. of a gas are cooled from 0°C. to—30°C. What is the contraction in volume ? [Ans. 11 c.c.]

14. 780 mm. চাপে এবং 15° সেন্টিগ্রেডে কোন ভরবিশিষ্ট একটি গ্যাসের আয়তন 1 লিটার। 740 mm. চাপে এবং 10° সেন্টিগ্রেডে উহার আয়তন কত ?

14. A mass of gas occupies 1 litre at 15°C and 780 mm.

pressure. What volume would it occupy at 10°C and 740 mm pressure? [Ans. 1·036, লিটার]

15. 740 mm. চাপে এবং 13° সেন্টিগ্রেডে একটি গ্যাসের আয়তন 190 c.c. প্রমাণ অবস্থায় উহার আয়তন কত ?

15. A gas occupies 190 c.c. at 13°C and 740 mm. pressure. What volume would it occupy at N.T.P.? [Ans. 176·59 c.c.]

16. নিম্নলিখিত অবস্থার আয়তনগুলিকে প্রমাণ অবস্থার আয়তনে পরিণত কর :—

(i) 750 mm. চাপে এবং 30° সেন্টিগ্রেডে 10 লিটার।
(ii) 755 mm. চাপে এবং 50° সেন্টিগ্রেডে 130 c.c.
(iii) 741 mm. চাপে এবং 39° সেন্টিগ্রেডে 2·5 লিটার।
(iv) 740 mm. চাপে এবং 18° সেন্টিগ্রেডে 110 c.c.

16. Correct the following volumes of gas to N.T.P. :—

(i) 10 litres at 30°C and 750 mm. pressure.
(ii) 130 c.c. at 50°C and 755 mm. pressure.
(iii) 2·5 litres at 39°C and 741 mm. pressure.
(iv) 110 c.c. at 18°C and 740 mm. prsssure.

Ans. (i) 8·894 লিটার ; (ii) 109·15 c.c. ; (iii) 2·133 লিটার ; (iv) 100·5 c.c.]

17. 760 mm. চাপে এবং 27° সেন্টিগ্রেডে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন 1000 c.c.। 1520 mm. চাপে এবং 327° সেন্টিগ্রেডে ইহার আয়তন কত হইবে ?

17. A given mass of a gas occupies a volume of 1000 c.c. at 27°C and 760 mm. pressure of mercury. What volume will it occupy at 327°C and 1520 mm. pressure of mercury? [Cal. I. Sc.],

[Ans. 1000 c.c.]

18. প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার। 700 mm. চাপে এবং কত তাপমাত্রায় এই আয়তন 40 লিটার হইবে ?

18. At what temperature will 22·4 litres of a gas, originally at N. T.P., become 40 litres at 700 mm.? [Ano. 176·1°C]

19. 76 cm. চাপে 0° সেন্টিগ্রেডে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন

2·5 লিটার। 150 cm. চাপে এবং 546° সেণ্টিগ্রেডে এই গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।

15. A given mass of a gas occupies a volume of 2·5 litres at 0°C and 76 cm. pressure of mercury. Find its voume at 546°C and 150 cm. pressure of mercury. [Cal. I. Sc.] [Ans. 3·8 লিটার]

20. 750 mm. চাপে এবং 20° সেণ্টিগ্রেডে 250 c.c. আয়তনের একটি গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে। 790 mm. চাপে এবং 100° সেণ্টিগ্রেডে উহার আয়তন কত হইবে?

20. 250 c.c. of a gas are collected at 750 mm. pressure and 20°C. What would be the volume at 790 mm. pressure and 100°C ?

[Ans. 302·1 c.c.]

21. একটি বেলুনের ভিতর 12° সেণ্টিগ্রেডে এবং 756 mm. চাপে 450 c.c. বায়ু আছে। বেলুনটিকে একটি খনিগর্ভে লইয়া গেলে উহার চাপ হইল 765 mm. এবং তাপমাত্রা 5° সেণ্টিগ্রেড। বেলুনের আয়তনের হ্রাস নির্ণয় কর।

21. Calculate the diminution in size of a balloon of which the volume is 450 c.c. at 12°C and 756 mm. pressure, when taken to the bottom of a mine where the pressure is 765 mm. and the temperature 5°C. [Ans. 16·3 c.c.]

22. 755 mm. চাপে এবং 15° সেণ্টিগ্রেডে 69·1 c.c. হাইড্রোজেন জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন নির্ণয় কর। 15° সেণ্টিগ্রেডে জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·7 mm.]

22. 69·1 c.c. of hydrogen are collected over water at 15°C and 755 mm. pressure. Calculate the volume of dry hydrogen at N. T. P. Tension of aqueous vapour at 15°C = 12·7 mm.

[Ans. 63·98 c.c.]

23. 758 mm. চাপে এবং 14° সেণ্টিগ্রেডে জলের উপর 317 c.c. অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় শুষ্ক অক্সিজেনের আয়তন কত? 14° সেণ্টিগ্রেডে জলীয় বাষ্পের চাপ = 12 mm.।

23. 317 c.c. of oxygen are collected over water at 14°C and 758 mm. pressure. What is the volume of dry oxygen at N. T. P. ? Vapour pressure of water at 14°C = 12 mm. [Ans. 296 c.c.]

24. 750 mm. চাপে এবং 17° সেন্টিগ্রেডে জলের উপর সংগৃহীত একটি গ্যাসের আয়তন 100 c.c.। প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত? 17° সেন্টিগ্রেডে জলীয় বাষ্পের চাপ = 14·4 mm.

24. A gas, collected over water, measures 100 c.c. at 17°C and 750 mm. pressure. What will be the volume of dry gas at N.T.P.? Tension of aqueous vapour at 17°C = 14·4 mm.

[Ans. 91·1 c.c.]

25. 760 mm. চাপে খনিজ লবণের একটি কেলাস সহ কোন গ্যাসের আয়তন 150 c.c.। চাপ বৃদ্ধি করিয়া 1000 mm. করিলে যুক্ত আয়তন হয় 116·4 c.c.। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে ঐ কেলাসটির আয়তন কত?

25. A volume of gas together with a crystal of rock salt measures 150 c.c. at 760 mm. pressure. On raising the pressure to 1000 mm. the combined volume becomes 116·4 c.c. What is the volume of the crystal? Temperature is constant.

[Ans. 10 c.c.]

26. পরম উষ্ণতা কাহাকে বলে? একটি গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে পরম উষ্ণতার সম্পর্ক আলোচনা কর।

50°C উষ্ণতায় কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেনের আয়তন 50 ঘন সেন্টিমিটার মাপা হইল। চাপের যদি কোন পরিবর্তন না ঘটে, তবে −50°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [H. S. 1969] [Ans. 34·5 c.c.]

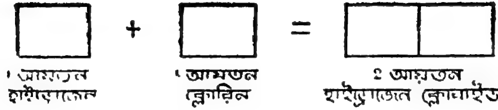
অধ্যায় 3

গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প

(Gay Lussac's law of gaseous volumes and Avogadro's hypothesis)

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে একই চাপে ও তাপমাত্রায়—

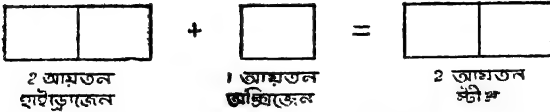
(1) এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিনের সংযোগে দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



চিত্র 10

হাইড্রোজেন, ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনের অনুপাত : 1 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

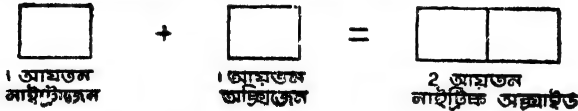
(2) দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া দুই ায়তন স্টীম উৎপন্ন হয়।



চিত্র 11

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও স্টীমের আয়তনের অনুপাত 2 : 1 : 2। ইহা একটি ল অনুপাত।

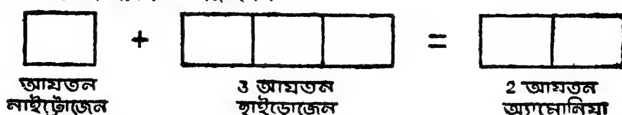
(3) এক আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত এক আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক লনে দুই আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



চিত্র 12

এখানে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তনের অনুপাত : 1 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

(4) এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সংযোগে দুই আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।



চিত্র 13

নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগের পরীক্ষার ফলাফল দেখিয়া গে-লুসাক 1808 খৃস্টাব্দে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। ইহার নাম **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র** (Gay Lassac's law of gaseous volumes)।

সূত্রটি এইরূপ—**একই চাপে ও তাপমাত্রায় গ্যাসীয় পদার্থগুলি উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হইলে উহার আয়তনও বিক্রিয়ক-গ্যাসের আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকে।**

বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে—	গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র অনুসারে—
বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ উহাদের পরমাণু-সংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়।	বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে যুক্ত হয়।

সুতরাং বিভিন্ন গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উহাদের আয়তন এবং পরমাণু-সংখ্যার মধ্যে একটি নিকট সম্বন্ধ সহজেই অনুমান করা যায়। সুইডিশ বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস (Berzelius) ডাল্টনের পরমাণুবাদ এবং গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সমন্বয় সাধন করিয়া একটি সিদ্ধান্তে উপনীত হন। ইহাকে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প (Berzelius' hypothesis) বলা হয়। প্রকল্পটি নিম্নরূপ—

নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সমান সংখ্যক পরমাণু থাকে।

এই সময়ে মৌলিক ও যৌগিক, উভয় পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণাকেই পরমাণু বলা হইত। অণুর কল্পনা তখন পর্যন্ত হয় নাই। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন,

নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে সরল পরমাণু (simple atom) এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, জলীয় বাষ্প, অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে যৌগিক পরমাণু (compound atom) বলা হইত।

বাস্তব পরীক্ষার ক্ষেত্রে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প প্রয়োগ করিলে দেখা যায় যে ইহা ডালটনের পরমাণুবাদের গোড়ার কথা, অর্থাৎ পরমাণু যে অবিভাজ্য তাহা স্বীকার করে না। নিম্নের উদাহরণের সাহায্যে ইহা বুঝিতে পারিবে।

পরীক্ষায় দেখা যায় যে একই চাপে ও তাপমাত্রায়—

1 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত 1 আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক পরমাণু আছে। সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রকল্প অনুসারে, 1 আয়তন ক্লোরিনে n সংখ্যক পরমাণু এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $2n$ সংখ্যক পরমাণু (যৌগিক) থাকিবে।

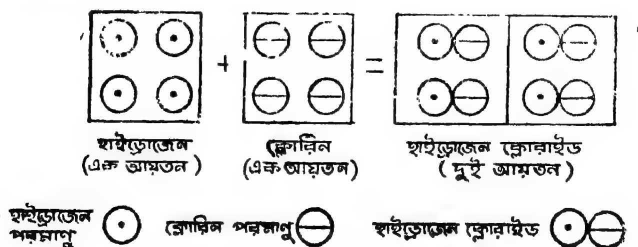
অতএব, n সংখ্যক হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত n সংখ্যক ক্লোরিন-পরমাণু যুক্ত হইয়া $2n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-পরমাণু (যৌগিক) উৎপন্ন করে।

∴ 1টি হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত 1টি ক্লোরিন-পরমাণু যুক্ত হইয়া 2টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-পরমাণু (যৌগিক) উৎপন্ন করে।

∴ বলা যায় যে 1টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-পরমাণু (যৌগিক) উৎপন্ন হয় $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন পরমাণু ও $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন পরমাণুর সংযোগে।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য এবং রাসায়নিক ক্রিয়ায় পরমাণুর ভগ্নাংশ অংশ গ্রহণ করিতে পারে না।

নিম্নের চিত্র হইতেও ইহা বুঝিতে পারিবে।



চিত্র 14

দেখ, সমায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরমাণু-সংখ্যা হইতেছে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের পরমাণু-সংখ্যার অর্ধেক। যদি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পরমাণু-সংখ্যা সমান করা হয়, তবে 4টি হাইড্রোজেন-পরমাণু এবং 4টি ক্লোরিন-পরমাণু হইতে 8টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-পরমাণু পাইতে হইবে।

সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রকল্প গৃহীত হয় নাই।

ইহার কয়েক বৎসর পরে (1811 খৃস্টাব্দে) ইতালীয় বৈজ্ঞানিক আমাদিও অ্যাভোগাড্রো (Amadio Avogadro) পরমাণুবাদ ও গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সঠিক সম্বন্ধ স্থাপন করিতে সক্ষম হইলেন। সমায়তন গ্যাসের মধ্যে সম-সংখ্যক পদার্থকণা থাকে, ইহা ঠিক। কিন্তু এই পদার্থ-কণাগুলি পরমাণু নহে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ডালটনের পরমাণুবাদে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণার মধ্যে কোন পার্থক্য ছিল না, উভয় প্রকার কণাকেই সাধারণভাবে পরমাণু বলা হইত। কিন্তু অ্যাভোগাড্রো সর্বপ্রথম এই দুই প্রকার পদার্থ-কণার মধ্যে সুস্পষ্টরূপে পার্থক্য নির্দেশ করেন এবং তিনিই অণুর অস্তিত্বের কল্পনা করেন। তিনি প্রস্তাব করিলেন—



চিত্র 15—আমাদিও অ্যাভোগাড্রো
(1776—1856)

(1) পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) যে ক্ষুদ্রতম কণিকা পৃথকভাবে অবস্থান করিয়া পদার্থের মূল ধর্মগুলি প্রকাশ করিতে পারে তাহার নাম অণু (molecule)।

(2) মৌলিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম এবং অবিভাজ্য কণিকা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, তাহার নাম পরমাণু (atom)।

(3) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণের সময় অণুগুলি ভাঙ্গিয়া পরমাণুতে পরিণত হয়।

তিনি সিদ্ধান্ত করিলেন, গ্যাসের আয়তনের সহিত গ্যাসের অণু-সংখ্যার সম্বন্ধ রহিয়াছে, পরমাণু-সংখ্যার নহে। তাই তিনি বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সংশোধিত

করিয়া নিম্নরূপে প্রকাশ করেন। ইহাকে **অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প** (Avogadro's hypothesis) বলা হয়।

প্রকল্পটি এইরূপ—**নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সমান সংখ্যক অণু থাকে।**

ইহার অর্থ, যদি কোন এক চাপ ও তাপমাত্রায় 1. c c. হাইড্রোজেনে n সংখ্যক হাইড্রোজেন-অণু থাকে, তবে সেই চাপে ও তাপমাত্রায় 1 c.c. অক্সিজেনে n সংখ্যক অণু, 1 c c নাইট্রোজেনে n সংখ্যক অণু, 1c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে n সংখ্যক অণু, 1 c.c. অ্যামোনিয়াতে n সংখ্যক অণু, 2 c.c. হাইড্রোজেনে $2n$ সংখ্যক অণু, 2 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে $2n$ সংখ্যক অণু থাকিবে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প দ্বারা গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ফলাফল যে ব্যাখ্যা করা যায় তাহা নীচের উদাহরণ হইতে বুঝিতে পারিবে।

পরীক্ষায় দেখা যায় যে একই চাপে ও তাপমাত্রায়—

1 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত 1 আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক হাইড্রোজেন-অণু আছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে 1 আয়তন ক্লোরিনে n সংখ্যক ক্লোরিন-অণু ও 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $2n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-অণু আছে। অতএব,

n সংখ্যক হাইড্রোজেন-অণুর সহিত n সংখ্যক ক্লোরিন-অণু যুক্ত হইয়া $2n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড-অণু উৎপন্ন হয়,

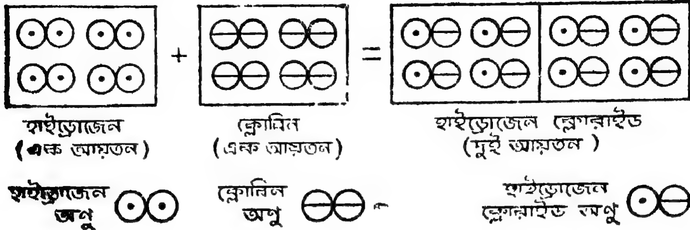
$\therefore$ 1টি হাইড্রোজেন-অণুর সহিত 1টি ক্লোরিন-অণু যুক্ত হইয়া 2টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-অণু উৎপন্ন হয়,

$\therefore$ $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন-অণুর সহিত $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন-অণু যুক্ত হইয়া 1টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-অণু উৎপন্ন হয়।

অতএব, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণুতে হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু এবং ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ অণু থাকে।

পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু অবিভাজ্য নয়। যদি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অণুতে পরমাণু সংখ্যা যুগ্ম হয় তাহা হইলে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ অণুর অস্তিত্ব সম্ভব।

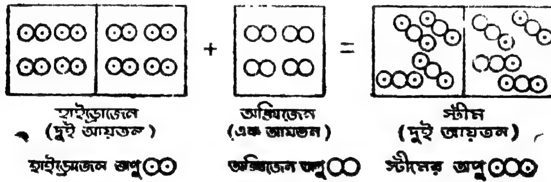
চিত্রের সাহায্যে ইহা সহজে বুঝিতে পার। নীচের চিত্রের প্রতিটি ঘর দ্বারা সম-আয়তনের গ্যাস বুঝান হইয়াছে। মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে 4টি অণু



চিত্র 16

আছে। সুতরাং একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন ক্লোরিনেও 4টি অণু আছে এবং উৎপন্ন 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 8টি অণু থাকিবে।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে স্টীমের গঠনের চিত্র নিম্নে দেওয়া হইল।



চিত্র 17

অতএব, ডাল্টনের পরমাণুবাদের সহিত এবং গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সহিত অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প সম্পূর্ণ সামঞ্জস্যপূর্ণ।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হয়।

মনে কর, A গ্যাসের x সংখ্যক অণু এবং B গ্যাসের y সংখ্যক অণু যুক্ত হইয়া AB নামক একটি গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে; x ও y সরল পূর্ণ সংখ্যা। মনে কর, একই চাপে ও তাপমাত্রায় প্রতিটি গ্যাসের 1 c.c. আয়তনে n সংখ্যক অণু আছে (অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে)।

সুতরাং, A গ্যাসের x সংখ্যক অণু আছে $\frac{x}{n}$ c.c. আয়তনের গ্যাসে,

এবং B গ্যাসের y সংখ্যক অণু আছে $\frac{y}{n}$ c.c. আয়তনের গ্যাসে,

সুতরাং বিক্রিয়ক-গ্যাস দুইটির আয়তনের অনুপাত $\frac{x}{n} : \frac{y}{n}$, বা $x : y$।

যেহেতু x ও y সরল পূর্ণ সংখ্যা, $x : y$ একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং গ্যাসীয় পদার্থ উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। ইহাই গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও ডাল্টনের পরমাণুবাদ

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প পদার্থের গঠন সম্পর্কে এক নূতন ধারণা দিয়াছে এবং ইহার ফলে ডাল্টনের পরমাণুবাদ সংশোধিত হইয়া নূতনরূপে লিখিত হইয়াছে।

সংশোধনগুলি নিম্নরূপ—

পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা দুই প্রকারের—অণু এবং পরমাণু। মৌলিক ও যৌগিক, যে কোন পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা, যাহা স্বাধীনভাবে থাকিয়া পদার্থের নিজস্ব ধর্ম বজায় রাখে, তাহাকে অণু বলে। একই পদার্থের অণুগুলির ভর ও ধর্ম একই। বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভর ও ধর্ম বিভিন্ন।

মৌলিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম ও অবিভাজ্য অংশ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহাকে পরমাণু বলে।

মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একই প্রকার এক বা একাধিক পরমাণু লইয়া গঠিত। মৌলিক পদার্থের অণুকে মৌলিক অণু (elementary molecule) বলে। যৌগিক পদার্থের অণুগুলি বিভিন্ন প্রকারের পরমাণু লইয়া গঠিত। যৌগিক পদার্থের অণুকে যৌগিক অণু (compound molecule) বলে।

রাসায়নিক সংযোগ-কালে পদার্থের অণুগুলি পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই পরমাণুগুলি নির্দিষ্ট ও সরল সংখ্যার অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া নূতন যৌগিক পদার্থের অণু গঠন করে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের প্রয়োগ

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের প্রয়োগ করিয়া অনেক গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত ও পদ্ধতি পাওয়া গিয়াছে। নিম্নে এ বিষয়ে আলোচনা করা হইল।

(1) গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু অন্ততঃপক্ষে দুইটি পরমাণু লইয়া গঠিত।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (হাইড্রোজেনের তুলনায়)-এর দ্বিগুণ।

(3) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার।

(4) আয়তন-সংযুতি হইতে গ্যাসীয় পদার্থের সংকেত নির্ণয়।

(5) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।

1. গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু অন্ততঃপক্ষে দুইটি পরমাণু লইয়া গঠিত।

(1) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে পূর্বে দেখান হইয়াছে (পৃষ্ঠা 50) যে—

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণুতে হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু এবং ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ অণু থাকে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগিক পদার্থ। সুতরাং ইহার প্রতি অণুতে একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু এবং একটি ক্লোরিন-পরমাণু থাকিবে। কারণ, ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। এই একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে এবং একটি ক্লোরিন পরমাণু $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে আসিয়াছে। সুতরাং বলা যায়,

হাইড্রোজেনের অণুতে কিংবা ক্লোরিনের অণুতে অন্ততঃপক্ষে দুইটি পরমাণু আছে।

কোন অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন করে, ইহা তোমরা জান। অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু যতটি থাকে, সোডিয়াম-লবণের সংখ্যাও ততটি। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সংখ্যা একটি। সুতরাং ইহার অণুতে একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু আছে।

$\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1 অণু পাওয়া যায়। আবার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

অতএব, হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু = 1টি হাইড্রোজেন-পরমাণু,

$\therefore$ হাইড্রোজেনের 1 অণু = 2টি হাইড্রোজেন-পরমাণু,

সুতরাং হাইড্রোজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, অর্থাৎ হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক (diatomic)।

(2) পরীক্ষায় দেখা যায়—

2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন স্টীম গঠন করে।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক হাইড্রোজেন-অণু আছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে—

$2n$ অণু হাইড্রোজেন $+\ n$ অণু অক্সিজেন $=2n$ অণু স্টীম,

বা 2 অণু হাইড্রোজেন $+\ 1$ অণু অক্সিজেন $=2$ অণু স্টীম,

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন $+\ \frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন $=1$ অণু স্টীম।

স্টীম, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ। সুতরাং ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে উহার এক অণুতে অন্ততঃ 1টি অক্সিজেন-পরমাণু থাকিবে, কারণ পরমাণু অবিভাজ্য। আর এই অক্সিজেন-পরমাণুটি নিশ্চয়ই আসিয়াছে অক্সিজেনের $\frac{1}{2}$ অণু হইতে। সুতরাং অক্সিজেনের অণুতে অন্ততঃপক্ষে দুইটি পরমাণু আছে, অর্থাৎ অক্সিজেন দ্বি-পরমাণুক।

এইরূপে দেখা যায় যে, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থগুলি দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং উহাদের সংকেত যথাক্রমে H_2, O_2, Cl_2, N_2।

2. গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার আপেক্ষিক ঘনত্বের (H = 1) দ্বিগুণ।

কোন পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহা ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব। অর্থাৎ,

$$\text{আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব (36 পৃষ্ঠা দেখ।)

$$= \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসীয় পদার্থের ওজন}}{\text{সমান আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad [\text{ একই চাপে ও তাপমাত্রায় }]$$

মনে কর, ঐ চাপে ও তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসীয় পদার্থে n সংখ্যক

অণু আছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে সমান আয়তনে হাইড্রোজেনের অণুর সংখ্যাও n।

অতএব গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব

$$= \frac{\text{গ্যাসীয় পদার্থের } n \text{ অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times \text{গ্যাসীয় পদার্থের 1 অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের 1 অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসীয় পদার্থের 1 অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1 অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসীয় পদার্থের 1 অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 2 পরমাণুর ওজন}}$$ (কারণ, হাইড্রোজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে)

$$= \frac{\text{গ্যাসীয় পদার্থের 1 অণুর ওজন}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের 1 পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\text{গ্যাসীয় পদার্থের 1 অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1 পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1}{2} \times \text{গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব।}$$

$\therefore$ গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব।

কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব M এবং আপেক্ষিক ঘনত্ব D হইলে—

$$M = 2D, \quad \text{বা} \quad D = \frac{M}{2}।$$

সুতরাং গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব জানা থাকিলে উহার আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

সঠিক হিসাবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008; এ সম্পর্কে পরে আলোচনা করা হইয়াছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব 2·016 এবং সেক্ষেত্রে $M = 2{\cdot}016\ D$ বা, $D = \frac{M}{2{\cdot}016}$।

গ্রাম-পরমাণু—পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্রাম-এককে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম-পরমাণু (gram-atom) **বা গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব** (gram atomic weight) বলে। অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16। সুতরাং 1 গ্রাম-

পরমাণু অক্সিজেন বলিলে 16 গ্রাম অক্সিজেন বুঝায়। 1 গ্রাম-পরমাণু ম্যাগনেসিয়াম 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম, কারণ ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব 24।

গ্রাম-অণু—কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রাম-এককে প্রকাশ করিলে তাহাকে পদার্থটির গ্রাম-অণু (gram molecule or gram mole or mole) **বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব** (gram molecular weight) **বলে।**

অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব 32। সুতরাং 32 গ্রাম অক্সিজেনকে এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন বা অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব বলে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক গ্রাম-অণু 44 গ্রাম। কারণ, ইহার আণবিক গুরুত্ব 44।

3. প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার।

আপেক্ষিক ঘনত্বের সংজ্ঞা হইতে লেখা যায়—

গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব (H = 1)

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসীয় পদার্থের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসীয় পদার্থের ওজন}}{0{\cdot}0898}$$

সুতরাং প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসীয় পদার্থের ওজন

$$= 0{\cdot}0898 \times \text{আপেক্ষিক ঘনত্ব}$$

$$= 0{\cdot}0898 \times \frac{M}{2{\cdot}016}$$

এখানে M = গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব

অতএব

প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় $\left(0{\cdot}0898 \times \frac{M}{2{\cdot}016}\right)$ গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন = 1 লিটার,

∴ প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় M গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন

$$= \frac{2{\cdot}016}{0{\cdot}0898} = 22{\cdot}4 \text{ লিটার।}$$

সুতরাং বলা যায় যে, প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন সর্বদা 22·4 লিটার হইবে। এই 22·4 লিটার আয়তনকে

গ্যাসীয় পদার্থের **গ্রাম-আণবিক আয়তন** (gram-molecular volume or molar volume) বলে। সকল গ্যাসের উপর বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রের ফল একই। সুতরাং যে কোন নির্দিষ্ট চাপে ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান।

প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের 22·4 লিটার আয়তনে সমান সংখ্যক অণু থাকিবে। সুতরাং বলা যায় যে, কোন পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে সমান সংখ্যক অণু থাকে। এই সংখ্যাকে **অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা** (Avogadro's Number) বলে। অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যার সংকেত N এবং N-এর পরিমাণ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$।

যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা যে একই তাহা নিম্নরূপেও দেখান যায়।

(1) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1। হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক, অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব 2। মনে কর, একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর প্রকৃত ওজন a গ্রাম, অতএব একটি হাইড্রোজেন-অণুর ওজন হইবে $2a$ গ্রাম।

সুতরাং এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= \frac{2}{2a} = \frac{1}{a}$

(2) অ্যামোনিয়ার আপেক্ষিক ঘনত্ব 8·5। সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব $(2 \times 8 \cdot 5)$ বা 17। অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার একটি অণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা 17 গুণ ভারী।

অতএব, অ্যামোনিযার একটি অণুর প্রকৃত ওজন হইবে $17a$ গ্রাম।

সুতরাং এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা $= \frac{17}{17a} = \frac{1}{a}$

(3) কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 22, অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব (2×22) বা 44। অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা 44 গুণ ভারী। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $44a$ গ্রাম।

সুতরাং এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা $\frac{44}{44a} = \frac{1}{a}$

এইরূপে আরও উদাহরণের সাহায্যে দেখান যায় যে, যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা একই। যেহেতু এক গ্রাম-অণু গ্যাসে একই সংখ্যক অণু আছে, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে একই চাপে ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম অণুর আয়তন একই হইবে। প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় এই আয়তন 22·4 লিটার, ইহা পূর্বেই দেখিয়াছ।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প হইতে নিম্নরূপে আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে।

গ্যাসীয় অবস্থায় কোন পদার্থের যত গ্রামের আয়তন প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার, তত গ্রাম ঐ পদার্থটির গ্রামে প্রকাশিত আণবিক গুরুত্ব এবং গ্রাম-ওজনের সংখ্যাটি উহার আণবিক গুরুত্ব।

4. আয়তন-সংযুতি হইতে গ্যাসীয় পদার্থের সংকেত নির্ণয়।

(1) পরীক্ষা হইতে জানা যায়—

2 আয়তন হাইড্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন স্টীম গঠিত হয়।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু-সংখ্যা সমান।

সুতরাং, $2n$ অণু স্টীম গঠিত হয় $2n$ অণু হাইড্রোজেন এবং n অণু অক্সিজেনের সংযোগে,

বা, 2 অণু স্টীম গঠিত হয় 2 অণু হাইড্রোজেন এবং 1 অণু অক্সিজেনের সংযোগে,

বা, 1 অণু স্টীম গঠিত হয় 1 অণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেনের সংযোগে,

বা, 1 অণু স্টীম গঠিত হয় 2 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 1 পরমাণু অক্সিজেনের সংযোগে। কারণ, হাইড্রোজেন অণু এবং অক্সিজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক।

সুতরাং স্টীমের সরল সংকেত, H_2O।

স্টীমের আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 9$; সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 9 = 18$। কারণ, আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব।

মনে কর, স্টীমের আণবিক সংকেত $(H_2O)_x$, x একটি সরল পূর্ণ সংখ্যা।

সুতরাং $(H_2O)_x = 18$ বা, $(2 \times 1 + 1 \times 16)x = 18$

বা, $18x = 18$, বা $x = 1$

সুতরাং স্টীমের আণবিক সংকেত, H_2O।

(2) পরীক্ষা হইতে জানা যায়—

1 আয়তন নাইট্রোজেন এবং 3 আয়তন হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গঠিত হয়।

মনে কর, 1 আয়তন নাইট্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু-সংখ্যা সমান।

সুতরাং, n অণু নাইট্রোজেন এবং $3n$ অণু হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া $2n$ অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

বা, 1 অণু নাইট্রোজেন এবং 3 অণু হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া 2 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়,

বা, 2 পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 6 পরমাণু হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া 2 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

কারণ, 1 অণু নাইট্রোজেন $=2$ পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 1 অণু হাইড্রোজেন $=2$ পরমাণু হাইড্রোজেন।

$\therefore$ 1 পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 3 পরমাণু হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া 1 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ অ্যামোনিয়ার স্থূল সংকেত, NH_3।

মনে কর, অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত $(NH_3)_x$, যেখানে x একটি সরল পূর্ণ-সংখ্যা।

অ্যামোনিয়ার আপেক্ষিক ঘনত্ব 8·5; অতএব ইহার আণবিক গুরুত্ব $=2\times 8{\cdot}5=17$।

সুতরাং $(NH_3)_x=17$ বা, $(1\times 14+3\times 1)x=17$,

বা, $17x=17$, বা $x=1$

সুতরাং অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত, NH_3।

(3) পরীক্ষা হইতে জানা যায়,—

কার্বন ডাই-অক্সাইডে সম-আয়তনের অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

মনে কর, 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু-সংখ্যা সমান।

সুতরাং, n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে n অণু অক্সিজেন আছে,

বা, 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 অণু অক্সিজেন আছে,

অক্সিজেন দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত C_xO_2-রূপে লেখা যায়, যেখানে x = একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে কার্বন-পরমাণুর সংখ্যা।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 22; সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$।

অতএব, $C_xO_2 = 44$ বা, $x \times 12 + 2 \times 16 = 44$

বা, $12x = 12$ বা, $x = 1$

সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত, CO_2।

(4) পরীক্ষা হইতে জানা যায়,

কার্বন মনোক্সাইডে উহার অর্ধ-আয়তন অক্সিজেন আছে, অর্থাৎ 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

মনে কর, 1 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু-সংখ্যা সমান।

সুতরাং, $2n$ অণু কার্বন মনোক্সাইডে n অণু অক্সিজেন আছে।

বা, 1 অণু কার্বন মনোক্সাইডে $\frac{1}{2}$ অণু বা 1 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

কারণ, 1 অণু অক্সিজেন = 2 পরমাণু অক্সিজেন।

সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের সংকেত C_xO-রূপে লেখা যায়, যেখানে x = এক অণু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন-পরমাণুর সংখ্যা।

কার্বন মনোক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 14; সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 14 = 28$।

অতএব, $C_xO = 28$, বা $x \times 12 + 1 \times 16 = 28$,

বা $12x = 12$ বা, $x = 1$

সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক সংকেত, CO।

5. মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

পারমাণবিকতা হইতে—কোন মৌলিক গ্যাসীয় পদার্থের পারমাণবিকতা

(atomicity) অর্থাৎ উহার প্রতি অণুতে পরমাণু-সংখ্যা কত তাহা জানিলে নিম্ন সম্পর্ক হইতে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{পারমাণবিকতা}}$$

গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব ($H=1$) নির্ণয় করিয়া উহাকে দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। কারণ, আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ আপেক্ষিক ঘনত্ব।

পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে আর্গনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 19·95। সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 19{\cdot}95 = 39{\cdot}9$। আবার, আর্গনের পারমাণবিকতা 1।

সুতরাং আর্গনের পারমাণবিক গুরুত্ব $= 39{\cdot}9 \div 1 = 39{\cdot}9$।

ক্যানিজারোর পদ্ধতি (Cannizzaro's method)।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে বিজ্ঞানী ক্যানিজারো সর্বপ্রথম মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি আবিষ্কার করেন।

মৌলিক পদার্থগুলি একই রকম পরমাণু লইয়া গঠিত এবং পরমাণুগুলি অবিভাজ্য। আবার, যৌগিক পদার্থগুলি একাধিক বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সমন্বয়ে গঠিত। সুতরাং কোন যৌগিক পদার্থে উপাদান-মৌলের কোনটিরই একটির কম পরমাণু থাকিতে পারে না। ইহাই ক্যানিজারোর পদ্ধতির মূল নীতি।

পদ্ধতিটি নিম্নরূপ—

(1) যে মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহার এরূপ কয়েকটি পদার্থ লইতে হয় যাহারা গ্যাসীয়, অথবা যাহাদিগকে সহজে গ্যাসে পরিণত করা যায়।

(2) প্রত্যেকটি গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব ($H=1$) নির্ণয় করা হয়। আপেক্ষিক ঘনত্বকে দ্বিগুণ করিয়া প্রত্যেকটির আণবিক গুরুত্ব বাহির করা হয়।

(3) রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ঐ যৌগিক পদার্থগুলিতে মৌলিক পদার্থটির শতকরা মাত্রা নির্ণয় করা হয়। অতঃপর প্রতিটি যৌগিক পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে মৌলিক পদার্থটির কত গ্রাম আছে তাহা গণনা করা হয়। যদি বহু সংখ্যক যৌগিক পদার্থ লইয়া এইরূপ পরীক্ষা করা যায় তাহা হইলে অন্ততঃ এরূপ একটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যাইতে পারে যাহার অণুতে মৌলিক পদার্থটির একটি মাত্র পরমাণু

আছে? সুতরাং যৌগিক পদার্থগুলির এক গ্রাম-অণুতে মৌলিক পদার্থের যে ওজন সর্বাপেক্ষা কম তাহাই মৌলিক পদার্থটির গ্রামে প্রকাশিত পারমাণবিক গুরুত্ব। ইহাকে সংখ্যায় প্রকাশ করিলে সেই সংখ্যা মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব।

নিম্নে দুইটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

(1) **অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।**

অক্সিজেনের যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব (H = 1)	আণবিক গুরুত্ব (= 2 × আ. ঘনত্ব)	অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা (বিশ্লেষণের সাহায্যে)	গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন
জলীয় বাষ্প	9	18	88·89	16 গ্রাম
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	72·74	32 ,,
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	60	48 ,,
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	57·14	16 ,,
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	53·4	16 ,,
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	36·4	16 ,,
ফসফরাস পেণ্টক্সাইড	71	142	56·3	80 ,,
নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড	46	92	69·6	64 ,,
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	50	32 ,,

উপরি-উক্ত যৌগিক পদার্থগুলির গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের সর্বাপেক্ষা কম ওজন 16 গ্রাম। সুতরাং অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16।

[যৌগিক পদার্থের শতকরা মাত্রা হইতে যৌগিক পদার্থের গ্রাম-অণুতে মৌলিক পদার্থটির ওজন কিরূপে নির্ণয় করা হইয়াছে তাহা প্রথম চারিটি ক্ষেত্রে দেখান হইল।

100 গ্রাম জলীয় বাষ্পে অক্সিজেন আছে 88·89 গ্রাম,

$\therefore$ 18 গ্রাম জলীয় বাষ্পে অক্সিজেন আছে $\left(\frac{88{\cdot}89}{100} \times 18\right)$

বা, $(\cdot 8889 \times 18) = 16$ গ্রাম।

সেইরূপ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন

$= (\cdot 7274 \times 44) = 32$ গ্রাম

সালফার ট্রাই-অক্সাইডের গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন
$= \cdot 60 \times 80 = 48$ গ্রাম।

কার্বন মনোক্সাইডের গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন
$= \cdot 5714 \times 28 = 16$ গ্রাম।]

(2) কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

কার্বনের যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব (H=1)	আণবিক গুরুত্ব (=2×আ. ঘনত্ব)	কার্বনের শতকরা মাত্রা (বিশ্লেষণের সাহায্যে)	গ্রাম-অণুতে কার্বনের ওজন
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	42·86	·4286 × 28 = 12 গ্রাম
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	27·27	·2727 × 44 = 12 "
মিথেন	8	16	75	·75 × 16 = 12 "
ইথেন	15	30	80	·80 × 30 = 24 "
ইথিলীন	14	28	85·7	857 × 28 = 24 "
অ্যাসিটিলীন	13	26	92·3	·923 × 26 = 24 "
বেন্‌জিন	39	78	92·3	·923 × 78 = 72 "
ন্যাপ্‌থালিন	64	128	93·75	·9375 × 128 = 120 "
ইথাইল অ্যালকোহল	23	46	52·17	·5217 × 46 = 24 "

উপরি-উক্ত যৌগিক পদার্থগুলির গ্রাম-অণুতে কার্বনের সর্বাপেক্ষা কম ওজন 12 গ্রাম। সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব 12।

ক্যানিজারোর পদ্ধতিতে সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায় না। পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা এই—যে সকল মৌলিক পদার্থ বহু সংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে কেবলমাত্র তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

ক্যানিজারোর পদ্ধতির নীতি হইতে পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা নিম্নরূপে বলা যাইতে পারে।

কোন একটি মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন যৌগের গ্রাম-অণুতে মৌলিক পদার্থটির যে ক্ষুদ্রতম ওজন বর্তমান তাহা মৌলিক পদার্থটির

গ্রামে* প্রকাশিত পারমাণবিক গুরুত্ব ও গ্রাম-ওজনের সংখ্যাটি উহার পারমাণবিক গুরুত্ব।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প রসায়নে একটি যুগান্তকারী পরিবর্তন আনিয়াছে। পদার্থের নিত্যতাবাদ ও পরমাণুবাদের ন্যায় অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের স্থানও রসায়নে খুব গুরুত্বপূর্ণ। পদার্থের অণুর কল্পনা এই প্রকল্পেই সর্বপ্রথম করা হয় এবং অণু ও পরমাণুর মধ্যে সুস্পষ্ট পার্থক্য ইহার সাহায্যে নির্ণয় করা হইয়াছে। ইহা গে-লুসাকের পরীক্ষালব্ধ ফলের ব্যাখ্যা করিয়াছে এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপ দিয়াছে। এই প্রকল্পের সাহায্যে গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত এবং পদ্ধতি সহজেই পাওয়া গিয়াছে। এ সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে। প্রত্যক্ষ পরীক্ষার সাহায্যে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রমাণিত করা সম্ভব হয় নাই। কিন্তু এই প্রকল্প অবলম্বন করিয়া যে অনুসিদ্ধান্তগুলি আসিয়াছে তাহা সর্বদাই অভ্রান্ত বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে। এই প্রকল্পের বিরুদ্ধে কোন তথ্য পাওয়া যায় নাই। এই সমস্ত কারণে প্রকল্পটিকে সূত্রের মর্যাদা দেওয়া হয় এবং ইহাকে **অ্যাভোগাড্রোর সূত্র** (Avogadro's law) বলা হইয়া থাকে।

উদাহরণ 1. গ্রাম-অণু হিসাবে প্রকাশ কর :—
100 গ্রাম CO_2 ; 28 গ্রাম H_2SO_4।
Express in number of gram-molecules (or moles) :—
100 g. CO_2 ; 28. g. H_2SO_4.

সমাধান—

(1) CO_2-এর আণবিক গুরুত্ব $= 12 + 2 \times 16 = 44$,

$\therefore$ CO_2-এর গ্রাম-অণু $= 44$ গ্রাম,

44 গ্রাম $CO_2 = 1$ গ্রাম-অণু CO_2

100 গ্রাম $CO_2 = \frac{1 \times 100}{44}$ বা 2·273 গ্রাম-অণু, উত্তর।

(2) H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব $= (2 \times 1 + 32 + 4 \times 16) = 98$,

$\therefore$ H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু $= 98$ গ্রাম।

98 গ্রাম $H_2SO_4 = 1$ গ্রাম-অণু H_2SO_4,

$\therefore$ 28 গ্রাম $H_2SO_4 = \frac{1 \times 28}{98}$ বা 0·286 গ্রাম-অণু, উত্তর।

উদাহরণ 2. 2·5 গ্রাম-অণু Na_2CO_3-এ কত গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট আছে?

How many grams of Na_2CO_3 are present in 2·5 moles?

সমাধান—Na_2CO_3-এর আণবিক গুরুত্ব $= (2 \times 23 + 12 + 3 \times 16) = 106$

∴ 1 গ্রাম-অণু $Na_2CO_3 = 106$ গ্রাম।

∴ 2·5 গ্রাম-অণু $Na_2CO_3 = (106 \times 2{\cdot}5)$ বা 265 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 3. প্রমাণ অবস্থায় 2·5 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন নির্ণয় কর।

Calculate the weight of 2·5 litres of carbon dioxide at N.T.P.

সমাধান—কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক গুরুত্ব $(12 + 2 \times 16)$ বা 44, অতএব ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব $(44 \div 2)$ বা 22।

প্রথম প্রণালী—প্রমাণ অবস্থায় যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ওজন 44 গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 2·5 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন

$$\frac{44 \times 2{\cdot}5}{22{\cdot}4} \text{ বা } 4{\cdot}91 \text{ গ্রাম, উত্তর।}$$

দ্বিতীয় প্রণালী—প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন
= গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব × প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন।

প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·089 গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন
$= (22 \times 0{\cdot}089)$ গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 2·5 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন
$= (22 \times 0{\cdot}089 \times 2{\cdot}5)$ বা 4·895 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 4. 10·2 গ্রাম অ্যামোনিয়ার প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন হইবে?

What volume would be occupied by 10·2 g. of ammonia at N.T.P.?

সমাধান—অ্যামোনিয়ার (NH_3) আণবিক গুরুত্ব (14+3) বা 17, অতএব ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (17÷2) বা 8·5।

প্রথম প্রণালী—17 গ্রাম অ্যামোনিয়ার প্রমাণ অবস্থায় আয়তন 22·4 লিটার,

∴ 10·2 গ্রাম অ্যামোনিয়ার প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $\frac{22 \cdot 4 \times 10 \cdot 2}{17}$

বা 13·44 লিটার, উত্তর।

দ্বিতীয় প্রণালী—0·089 গ্রাম হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন 1 লিটার,

∴ (0·089 × 8·5) গ্রাম অ্যামোনিয়ার প্রমাণ অবস্থায় আয়তন 1 লিটার,

10·2 গ্রাম অ্যামোনিয়ার প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $\frac{1 \times 10 \cdot 2}{0 \cdot 089 \times 8 \cdot 5}$

বা 13·48 লিটার, উত্তর।

উদাহরণ 5. 0·393 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাসের 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে আয়তন 222·7 c.c.। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

0·393 g. of a gas occupies 222·7 c.c. at 27°C and 750 mm. pressure. Calculate its relative density and give its molecular weight. [*Calcutta I. Sc.*]

সমাধান—প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন V হইলে,

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 222 \cdot 7}{27 + 273}$$

বা, $V = \frac{750 \times 222 \cdot 7 \times 273}{760 \times 300} = 199 \cdot 999 = 200$ (আসন্ন মান)

∴ প্রমাণ অবস্থায় 0·393 গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 200 c.c. = 0·2 লিটার।

প্রথম প্রণালী—প্রমাণ অবস্থায় 0·2 লিটার গ্যাসের ওজন = 0·393 গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন = $\frac{0 \cdot 393 \times 22 \cdot 4}{0 \cdot 2}$

বা 44 গ্রাম।

সুতরাং গ্যাসের এক গ্রাম-অণু = 44 গ্রাম

অতএব, গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 44

এবং উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব = 44 ÷ 2 = 22, উত্তর।

দ্বিতীয় প্রণালী—প্রমাণ অবস্থায় 0·2 লিটার গ্যাসের ওজন = 0·393 গ্রাম,

প্রমাণ অবস্থায় 0·2 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = (0·2 × 0·089) গ্রাম,

∴ গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব $= \frac{0·393}{0·2 \times 0·089} = 22·07$,

এবং গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 2 × 22·07 = 44·14, উত্তর।

উদাহরণ 6. 27°C সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ও 780 মিলিমিটার চাপে এক লিটার গ্যাসের ওজন 1·215 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

One litre of gas at-27°C and 780 mm. pressure weighs 1·215 g.; calculate the molecular weight of the gas. [H. S. Exam. 1968]

সমাধান—প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার ঐ গ্যাসের

আয়তন $= \frac{780 \times 1 \times 273}{760 \times (273 + 27)} = 0·934$ লিটার।

প্রমাণ অবস্থায় 0·934 লিটার গ্যাসের ওজন = 1·215 গ্রাম

∴ " " 22·4 লিটার " " $= \frac{1·215 \times 22·4}{0·934}$

বা 29·13 গ্রাম।

∴ গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব = 29·13, উত্তর।

উদাহরণ 7. 5 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাসের 27°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm. চাপে আয়তন কত নির্ণয় কর। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 16।

Find the volume which will be occupied by 5 g. of a gas at 27°C and 740 mm. pressure. Relative density of the gas is 16.

সমাধান—গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব 16, অতএব ইহার আণবিক গুরুত্ব 32।

সুতরাং, 32 গ্রাম গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন = 22·4 লিটার,

5 গ্রাম গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $= \frac{22·4 \times 5}{32}$ বা 3·5 লিটার।

যদি 27°C এবং 740 mm. চাপে এই আয়তন V হয়, তাহা হইলে

$$\frac{740 \times V}{27 + 273} = \frac{760 \times 3·5}{273}$$

বা, $V = \frac{760 \times 3·5 \times 300}{740 \times 273} = 3·95$

∴ নির্ণেয় আয়তন = 3·95 লিটার, উত্তর।

অনুশীলনী 3

1. গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি উদাহরণ সহ লিখ।

1. State and illustrate Gay Lussac's law of gaseous volumes. [H. S. Exam. 1961, 1964 (comp.), 1965 (comp.), 1967 ; 1970]

2. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প গৃহীত হইবার কারণ কি? প্রকল্পটি লিখ।

2. What led to the adoption of Avogadro's hypothesis? Enunciate the hypothesis.

3. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি লিখ।

3. State Avogadro's law.

[*H. S. Exam. 1960, 1961 (comp.), 1664, 1966, '68 (Comp.), '70 (Comp.)*]

4. অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।

4. Show with the help of Avogadro's law that the molecular weight of a gas is twice its relative denstty.

[*H. S.-Exam. 1960, 1964, 1968 ; 1970 (Comp.)*]

5. অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে কিরূপে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায় দেখাও।

5. Show how Avogadro's law has been utilised for the determination of the atomic weight of an element.

[*H. S. Exam. 1961 (comp.)*]

6. হাইড্রোজেনের একটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

6. How would you prove that a molecule of hydrogen contains two atoms?

7. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প কিরূপে (a) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি ব্যাখ্যা করে, এবং (b) ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধিত করে তাহা দেখাও।

7. Show how Avogadro's hypothesis (a) explains Gay Lussac's law of gaseous volumes, [H.S. 1970] and (b) modifies Dalton's atomic theory.

8. গ্যাসের "আপেক্ষিক ঘনত্ব" এবং "আণবিক গুরুত্ব" বলিতে কি বোঝ তাহা

ব্যাখ্যা কর। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে কিরূপে ইহাদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করিবে ?

8. Explain clearly the meaning of the terms "relative density" and "molecular weight" applied to gases. How is Avogadro's hypothesis used to connect these two ?

9. কিরূপে প্রমাণ করিবে যে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও ক্লোরিনের প্রতি অণুতে যথাক্রমে দুইটি করিয়া পরমাণু আছে ?

9. How would you prove that each of the molecules of oxygen, nitrogen and chlorine contain respectively two atoms ?

10. প্রদত্ত পর্যবেক্ষণ হইতে নিম্নলিখিত গ্যাসগুলির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (একই তাপমাত্রায় ও চাপে গ্যাসগুলির আয়তন মাপা হইয়াছে।)

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইডে সমায়তন অক্সিজেন আছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 22।

(b) দুই আয়তনের হাইড্রোজেন এক আয়তনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তনের স্টীম উৎপন্ন করে। স্টীমের আপেক্ষিক ঘনত্ব 9।

(c) কার্বন মনোক্সাইডে উহার অর্ধ-আয়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 14।

(d) এক আয়তনের হাইড্রোজেন এক আয়তনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 18·25। হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন-অণু দ্বি-পরমাণুক।

10. Deduce the molecular formulae of the gases mentioned below from the given observations. (Volumes of gases were measured under same conditions of temperature and pressure.)

(a) Carbon dioxide contains its own volume of oxygen ; the relative density of carbon dioxide is 22.

[*H. S. Exam. 1963 (comp.)*]

(b) Two volumes of hydrogen combine with one volume of oxygen to form two volumes of steam. The relative density of steam is 9.

(c) Carbon monoxide contains half its own volume of oxygen, it being given that its relative density is 14.

[*H. S. Exam. 1964*]

(d) One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas. Relative density of the gas is 18·25. The molecules of hydrogen and of chlorine are diatomic. [*H. S. Exam. 1960*]

11. অক্সিজেনের একটি অণুর ওজন এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব—এই দুই-এর মধ্যে পার্থক্য কি বল। অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব এবং গ্রাম-আণবিক আয়তন বলিতে কি বোঝ? উহার মান কি?

11. Explain, with reference to oxygen, the difference between the weight of the molecule and the molecular weight. What do you understand by (a) gram-molecular weight, (b) gram-molecular volume of oxygen? Give their values.

12. প্রমাণ কর, এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন 22·4 লিটার।

12. Show that one gram-mole of any gas occupies 22·4 litres at N.T.P.

13. রসায়নশাস্ত্রে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের বিভিন্ন প্রয়োগ উল্লেখ কর।

13. Indicate the various applications of Avogadro's hypothesis in Chemistry.

14. সংজ্ঞা লিখ :—

(a) গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব ; (b) গ্রাম-অণু ; (c) আণবিক আয়তন ; (d) অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা।

14. Define :—

(a) gram-atomic weight ; (b) gram-mole ;
(c) molar volume ; (d) Avogadro's number ;

15. গ্রাম-অণু হিসাবে প্রকাশ কর :—

50 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট ; 4 গ্রাম পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ; 132 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড ; 12 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড।

15. Express in number of gram-moles :—

50 g. calcium carbonate ; 4 g. potassium hydroxide ; 132 g. sulphur dioxide ; 12 g. nitric acid.

[Ans. 0·5 গ্রাম-অণু ; 0·0714 গ্রাম-অণু ; 2·0625 গ্রাম-অণু ; 0·19 গ্রাম-অণু]

16. গ্রাম হিসাবে প্রকাশ কর :—

2 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া ; 0·25 গ্রাম-অণু সালফিউরিক অ্যাসিড ; 1·8 গ্রাম-অণু অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড।

16. Express in grams :—

2 moles of ammonia ; 0·25 mole of sulphuric acid ; 1·8 moles of anhydrous ferric chloride. [Ans. 34 g. ; 24·5 g. ; 292·5 g.]

17. ওজন নির্ণয় কর :—

(o) N.T.P.-তে 100 c.c. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ; (b) N.T.P.-তে 2·8 লিটার অক্সিজেন ; (c) N.T.P.-তে 5 লিটার কার্বন মনোক্সাইড।

17. Calculate the weight of :—

(a) 100 c.c. of hydrogen chloride at N.T.P.

(b) 2·8 litres of oxygen at N.T.P.

(c) 5 litres of carbon monoxide at N.T.P.

[Ans. (a) 0·1629 g. ; (b) 4 g. ; (c) 6·25 g.]

18. N.T.P.-তে আয়তন নির্ণয় কর :—

(a) 84 গ্রাম নাইট্রোজেনের ; (b) 14·6 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ; (c) 0·68 গ্রাম অ্যামোনিয়ার।

18. Calculate the volume at N.T.P. occupied by—

(a) 84 g. of nitrogen, (b) 14·6 g. of hydrogen chioride, (c) 0·68 g. of ammonia.

[Ans. (a) 67·2 লিটার ; (b) 8·96 লিটার ; (c) 0·896 লিটার]

19. প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার গ্যাসের ওজন 1·965 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত ?

19. One litre of a gas, measured at N.T.P., weighs 1·965 g. What is the molecular weight of the gas ? [Ans. 44]

20. 4·02 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন 3 লিটার। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

20. 4·02 g. of a gas occupy 3 litres at N.T.P. Calculate the molecular weight of the gas. [Ans. 30]

21. প্রমাণ অবস্থায় 2·8 লিটার গ্যাসের ওজন নির্ণয় কর। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 32।

21. Calculate the weight of 2·8 litres of a gas at N.T.P. The relative density of the gas is 32. [Ans. 8 g.]

22. কিছু পরিমাণ গ্যাসের ওজন 0·344 গ্রাম এবং 27°C তাপমাত্রায় ও 750 mm. চাপে উহার আয়তন 304 c.c.। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

22. A sample of gas weighing 0·344 g. occupies 304 c. c. at 27°C and 750 mm. pressure. Calculate its relative density, and give its molecular weight. [Ans. 14·11 ; 28·22]

23. 18°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm. চাপে 582 c.c. আয়তনের গ্যাসের ওজন 0·403 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

23. 582 c.c. of a gas, measured at 18°C and 740 mm. pressure weigh 0·403 g. Calculate its molecular weight. [Ans. 17]

24. 1 গ্রাম ওজনের কোন বাষ্পের 120°C তাপমাত্রায় ও 745 mm. চাপে আয়তন 391·5 c.c। উহার আণবিক গুরুত্ব কত ?

24. 1 g. of a vapour, measured at 120°C and 745 mm. occupy 391·5 c.c. What is its molecular weight ? [Ans. 84]

25. 0·111 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইয়াছে। 12°C তাপমাত্রায় এবং 756 mm. চাপে ইহার আয়তন 36 c.c.। গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। 12°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 11 mm.

25. 0·111 g. of a gas, collected over water measures 36 c.c. at 12°C and 756 mm. pressure. Calculate the relative density and its molecular weight. Tension of aqueous vapour at 12°C = 11 mm. [Ans. 36·75 ; 73·5]

26. 0·775 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাসের আয়তন 17°C তাপমাত্রায় এবং 756 mm. চাপে কত হইবে ? গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 32।

26. What would be the volume occupied by 0·775 g. of a gas at 17°C and 756 mm. pressure? The relative density of the gas is 32. [Ans. 0·2896 লিটার]

27. 182°C তাপমাত্রায় এবং 768 mm. চাপে 330 c.c. আয়তনবিশিষ্ট গ্যাসের ওজন নির্ণয় কর। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব 168।

27. Calculate the weight of 330 c.c. of a gas measured at 182°C and 768 mm. pressure. The molecular weight of the gas is 168. [Ans. 1·5 g.]

28. একটি মৌলের কতকগুলি উদ্বায়ী যৌগের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 15, 22 এবং 46। ঐ উদ্বায়ী যৌগগুলিতে মৌলটির শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 82·3, 46·6, 63·6 এবং 30·4 হইলে মৌলটির সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

28. The relative densities of a number of volatile compounds of an element were found to be 8·5, 15, 22, and 46 respectively; and the percentage of the element in those compounds were respectively 82·3, 46·6, 63·6 and 30·4. What is the probable atomic weight of the element? [Ans. 14]

29. প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম। (a) এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন; (b) এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন হইবে?

0·1022 গ্রাম ওজনের কোন পদার্থকে বাষ্পীভূত করিলে বাষ্পের আয়তন 27°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে হয় 55·5 c.c.। পদার্থটির গ্রাম আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

29. One litre of hydrogen at N.T.P. weighs 0·089 gram. What is the volume occupied at N.T.P. by (a) one gram-molecule of hydrogen, (d) one gram-molecule of any other gas?

0·1022 g. of a substance when vaporised occupies 55·5 c.c. at 27°C and 760 mm. pressure. Find the gram-molecular weight of the substance. [*H. S. Exam. 1965*]

[Ans. (a) 22·65 লিটার; (b) 22·65 লিটার; 45·93 গ্রাম.]

30. একটি মৌল E-এর দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড, A এবং B আছে। A এবং B যৌগ দুইটিতে E মৌলের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 75 এবং 80 ভাগ এবং উহাদের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15। A যৌগটির একটি অণুতে এক পরমাণু E আছে। (a) E মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর, এবং (b) A এবং B যৌগ দুইটির সঙ্কেত লিখ।

30. An element E forms two gaseous hydrides A and B, which contain 75 and 80 per cent of E, and have densities 8 and 15 respectively. Given that A contains only one atom of E in its molecule, calculate (a) the atomic weight of E, and (b) the formulae of A and B. [*H. S. Exam. 1964*]

[Ans. (a) 12 (b) EH_4 ; E_2H_6]

31. নিম্নলিখিত উপাত্ত হইতে ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

31. Determine the atomic weight of chlorine from the following :

পদার্থ (Substance)	আপেক্ষিক ঘনত্ব [Relative density (H = 1)]	ক্লোরিনের শতকরা মাত্রা Percentage of chlorine)
Chlorine	35·5	100
Hydrogen chloride	18·25	97·25
Mercurous chloride	118·05	15·04
Mercuric chloride	135·8	26·15
Ferric chloride	162·5	65·5
Phosphorus chloride	68·75	77·5

[Ans. 35·5]

32. (a) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের 1 গ্রামের ওজন 500 c. c.। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত?

[H. S. 1970 (Comp.) ; Ans. 44·8]

(b) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের 1 লিটারের ওজন 3·17 গ্রাম। ইহার আণবিক ওজন কত? [H.S. 1971 ; Ans. 71]

অধ্যায় 4

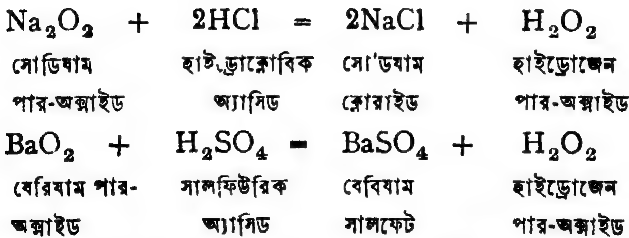
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ; জারণ-বিজারণ

(Hydrogen Peroxide ; Oxidation-reduction)

বিজ্ঞানী থেনার্ড (Thenard) বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 1818 খৃস্টাব্দে প্রথম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করেন। তিনি প্রমাণ করেন যে, ইহার সংকেত H_2O_2। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের স্বাভাবিক অক্সাইড অর্থাৎ জল (H_2O) অপেক্ষা ইহাতে অক্সিজেনের অনুপাত বেশী। তিনি ইহার নাম দিয়াছিলেন "অক্সিজেনযুক্ত জল" (oxygenated water)।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতি :

যে সব ধাতব অক্সাইড লঘু অ্যাসিডের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে তাহাদের পার-অক্সাইড বলে। Na_2O_2, BaO_2 ইত্যাদি অক্সাইডগুলি পার-অক্সাইড। যথা,



$$Na_2O_2 + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2$$

সোডিয়াম পার-অক্সাইড | হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড | সোডিয়াম ক্লোরাইড | হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

বেরিয়াম পার-অক্সাইড | সালফিউরিক অ্যাসিড | বেরিয়াম সালফেট | হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুতির জন্য উপযুক্ত ধাতব পার-অক্সাইড ও অ্যাসিড লওয়া হয়।

পরীক্ষা 4.1. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত শীতল ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

একটি বীকারে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের চূর্ণ লও এবং উহাতে অল্প অল্প জল মিশাইয়া নাড়িয়া একটি লেই (paste) তৈয়ারী কর। সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, ইহার সংকেত $BaO_2, 8H_2O$। আর একটি বীকারে থানিকটা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (এক আয়তন গাঢ় অ্যাসিড ও পাঁচ আয়তন জল) লও। বীকার দুইটি বরফ-লবণের মিশ্রণে বসাইয়া প্রায় 0° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত শীতল কর। একটি কাচ-দণ্ডের সাহায্যে শীতল অ্যাসিড দ্রবণ ক্রমাগত নাড় এবং উহাতে অল্প অল্প বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই মিশাইতে থাক। বেরিয়াম পার-অক্সাইড এরূপ পরিমাণে মিশাইতে হয় যাহাতে শেষ পর্যন্ত সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। মিশ্রণটি কিছুক্ষণ স্থিরভাবে রাখিলে অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট থিতাইয়া পড়ে। অতঃপর ফিল্টার করিলে পরিস্রুতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ (10-20 শতাংশ) পাওয়া যায়। অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট অবশেষরূপে থাকে।

এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফস্ফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে ঘটে।



$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$

বেরিয়াম পার-অক্সাইড	ফস্ফরিক অ্যাসিড	বেরিয়াম ফস্ফেট	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

অদ্রাব্য বেরিয়াম ফস্ফেট ফিল্টার করিয়া পৃথক করিলে পরিস্রুতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ থাকে।

প্রস্তুতি সম্পর্কে নিম্নের আলোচনা মনে রাখিবে।

(1) বিক্রিয়াটি শীতল অবস্থায় ঘটান আবশ্যক। উষ্ণ হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

(2) অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করিলে উহার উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়িয়া যায়। ফলে অ্যাসিড আর পার-অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিতে পারে না। তাই কিছু সময় পরে বিক্রিয়াটি প্রায় বন্ধ হইবার উপক্রম হয়। সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করিলে এই অসুবিধা দেখা দেয় না।

(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে দ্রাব্য বেরিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং উহা পৃথক করা অসুবিধাজনক।

(4) মিশ্রণ উত্তমরূপে নাড়ান প্রয়োজন। তাহা না হইলে একই স্থানে বেশী পরিমাণ বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই পড়িতে পারে। ইহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইতে পারে।

(5) মিশ্রণটি শেষ পর্যন্ত অ্যাসিডীয় রাখা হয়। কারণ, অ্যাসিড, বিশেষতঃ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজনের গতি হ্রাস করিয়া ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে। অ্যাসিড এখানে অপরা-প্রভাবকের (negative catalyst) কার্য করে।

পরীক্ষা 4.2. বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে—একটি পাত্রে জল লইয়া উহাতে চূর্ণ বেরিয়াম পার-অক্সাইড মিশাইয়া নাড়। বেরিয়াম পার-অক্সাইড জলে প্রলম্বিত থাকে এবং জল ঘোলাটে দেখায়। পাত্রটিকে বরফ-লবণের মিশ্রণে বসাইয়া প্রায় 0° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত শীতল কর। শীতল মিশ্রণে বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ক্রমাগত প্রবাহিত করাও। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও বেরিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট ফিলটার করিয়া পৃথক কর। পরিস্রুত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।



$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

পরীক্ষা 4.3. সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে—একটি পাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (শতকরা 20 ভাগ) দ্রবণ লইয়া বরফ-লবণের মিশ্রণে উহা শীতল কর। শীতল অ্যাসিডে ধীরে ধীরে পরিমাণ মত সোডিয়াম পার-অক্সাইড মিশাইয়া নাড়। সোডিয়াম সালফেট এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। শীতল অবস্থায় অধিকাংশ সোডিয়াম সালফেট সোদক কেলাসরূপে পৃথক হইয়া পড়ে। এই সোদক কেলাসের নাম গ্লবার সল্ট (Glauber's salt) এবং ইহার সংকেত $Na_2SO_4, 10H_2O$। ফিল্‌টার করিয়া গ্লবার সল্ট পৃথক করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পরিস্রুতরূপে পাওয়া যায়।



$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

এই জলীয় দ্রবণ নিম্ন-বায়ুচাপে পাতিত করিয়া শতকরা 30 মাত্রার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়। ইহাকে **মার্কের পার-হাইড্রল** (Merck's perhydrol) বলে।

বর্ণিত পদ্ধতিগুলির নীতি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতির জন্যও প্রয়োগ করা হয়। বর্তমানে হিম-শীতল সালফিউরিক অ্যাসিডের (শতকরা 50 ভাগ) তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ইহার শিল্প-প্রস্তুতি করা হয়। এ সম্পর্কে পরে জানিবে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিশুদ্ধিকরণ—উপরের পদ্ধতিতে পরিস্রুতে

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের যে জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে মাত্র শতকরা 10-20 ভাগ। জল অপসারিত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।

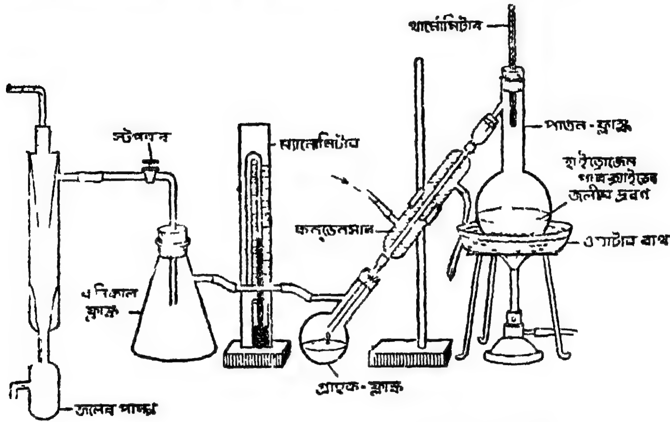
একটি পোর্সিলেনের চ্যাপ্টা মসৃণ ডিশে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া ওয়াটার বাথ্-এ ধীরে ধীরে বাষ্পায়িত করা হয়। ওয়াটার বাথ্-এর তাপমাত্রা 70° সেন্টিগ্রেডের অধিক উঠিতে দেওয়া হয় না। কারণ, তাপমাত্রা বেশী হইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (স্ফুটনাঙ্ক 151°C) অপেক্ষা জল (স্ফুটনাঙ্ক 100°C) বেশী উদ্বায়ী। জল বাষ্পায়িত হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের মাত্রা ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে। এইরূপে 70° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পায়িত করিয়া দ্রবণকে প্রায় 60 শতাংশ পর্যন্ত গাঢ় করা যায়। অতঃপর অনুপ্রেষ-পাতনের সাহায্যে এই দ্রবণকে আরও গাঢ় করিয়া প্রায় 99 শতাংশ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। নিম্নে অনুপ্রেষ-পাতন পদ্ধতি বর্ণনা করা হইয়াছে।

অনুপ্রেষ-পাতন বা নিম্ন বায়ু-চাপে পাতন (Vacuum distillation or distillation under reduced pressure)—তোমরা পরীক্ষার দ্বারা দেখিয়াছ যে বায়ু-চাপ কমাইলে তরলের স্ফুটনাঙ্ক কমে। তরলের উপরের বায়ু-চাপ কমাইয়া, উহার স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় তরলকে পাতিত করিবার পদ্ধতিকে **অনুপ্রেষ-পাতন** বা **নিম্ন বায়ু-চাপে পাতন** বলে। এরূপ অনেক তরল আছে যাহা স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের তাপমাত্রায় বা উহার কাছাকাছি তাপমাত্রায় বিযোজিত হয়। সুতরাং সাধারণ বায়ু-চাপে ঐ সমস্ত তরল পদার্থকে পাতিত করা যায় না। সে ক্ষেত্রে অনুপ্রেষ-পাতন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এইরূপ একটি তরল পদার্থ।

থার্মোমিটারযুক্ত একটি পাতন-ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া ওয়াটার বাথ্-এ বসান হয়। পাতন-ফ্লাস্কের পার্শ্বনল লিবিগ্ কন্-ডেনসারের এক প্রান্তের সহিত যুক্ত এবং ইহার অপর প্রান্তে আরেকটি পাতন-ফ্লাস্ক (গ্রাহক-ফ্লাস্ক) যুক্ত আছে। গ্রাহক-ফ্লাস্কের পার্শ্বনল বায়ু-চাপ মাপিবার যন্ত্র বা ম্যানোমিটারের (manometer) সহিত এবং তারপর পার্শ্বনলযুক্ত একটি খালি কনিকাল ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া জলের পাম্পের (water pump)

সহিত যোগ করা আছে। পাতন-ফ্লাস্কের মধ্যের বায়ু-চাপ কত তাহা ম্যানোমিটারের সাহায্যে জানা যায়।

জলের পাম্প খুলিয়া দিলে জলের টানে কনিকাল-ফ্লাস্কের বায়ু বাহির হইয়া যাওয়ায় পাতন-ফ্লাস্কের অভ্যন্তরের বায়ু-চাপ কমিয়া যায়। তখন নিম্নতর তাপ-মাত্রায় তরল বাষ্পীভূত হইতে আরম্ভ করে। বায়ু-চাপ 15 মিলিমিটার হইলে



চিত্র 18—হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের অনুপ্রেষ-পাতন

35°—40° সেন্টিগ্রেডেই জল প্রথমে বাষ্পীভূত হইয়া গ্রাহক-ফ্লাস্কে জমা হইতে আরম্ভ করে এবং পাতন-ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ ক্রমশঃ গাঢ় হইতে থাকে। এইরূপে তাপমাত্রা প্রায় 70° সেন্টিগ্রেড হইলে পাতন-ফ্লাস্কে খুব গাঢ় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ অবশিষ্ট থাকে। ইহার সহিত খুব সামান্য জল মিশ্রিত থাকে। ইহাকে এইরূপে বারংবার পাতিত করা হয়।

পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে অতঃপর বায়ু-শূন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ডেসিকেটরে রাখা হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অবশিষ্ট জল শোষণ করে এবং বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। এই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথারের সাহায্যে শীতল করিয়া কেলাসে পরিণত করা যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম

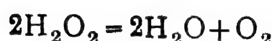
ভৌত ধর্ম—(i) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সিরাপের ন্যায় ঘন তরল পদার্থ। ইহা প্রায় বর্ণহীন, ঘন স্তরে ইহার মধ্যে নীলাভ আভা দেখা যায়।

(ii) ইহার স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক 151°C, কিন্তু ঐ তাপমাত্রায় ইহা বিযোজিত হয়। 68 মিলিমিটার বায়ু-চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক হয় 84°—85°C, এবং 26 মিলিমিটার বায়ু-চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক হয় 69·2°C।

(iii) 0° সেন্টিগ্রেডে ইহার ঘনত্ব 1·46।

(iv) ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশে।

রাসায়নিক ধর্ম—(1) **স্থায়িত্ব**—হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অস্থায়ী প্রকৃতির যৌগিক পদার্থ। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা খুব ধীরে ধীরে জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। উত্তাপে কিংবা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, চূর্ণ প্লাটিনাম, সিলভার, কপার ইত্যাদির সংস্পর্শে অথবা অমসৃণ তলের ঘর্ষণে বিযোজন ত্বরান্বিত হয়।

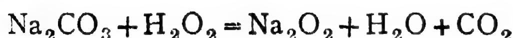


$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

পরীক্ষা 4.4. একটি টেস্ট-টিউবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ লইয়া উহাতে কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের গুঁড়া মিশাও। বুদ্‌বুদ্ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসের মধ্যে শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি ধর। দেখ, কাঠিটি দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। সুতরাং নির্গত গ্যাস অক্সিজেন।

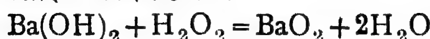
ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, গ্লিসারিন, অ্যাসেট-অ্যানিলাইড ইত্যাদি পদার্থগুলির সংস্পর্শে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন অনেকাংশে হ্রাস পায়। এই পদার্থগুলি অপরা-প্রভাবকের কাজ করে।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম**—বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডধর্মী। নীল লিটমাস ইহার সংস্পর্শে লাল হয়। ইহার লঘু দ্রবণ কিন্তু সম্পূর্ণ শমিত (neutral)। সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ইহা সোডিয়াম পার-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$$

বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণের সহিত ইহা মিশাইলে সোদক বেরিয়াম অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$

(3) **জারণ ক্রিয়া**—সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজনের ফলে উহার এক অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু বিমুক্ত হয়।



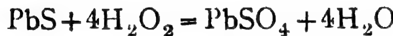
$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$

এই জায়মান (nascent) অক্সিজেন বিভিন্ন পদার্থকে দ্রুত জারিত করে। এইজন্য ইহা একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য।

পরীক্ষা 4.5. একটি টেস্ট-টিউবে চূর্ণ কালো লেড সালফাইড লইয়া উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ মিশাইয়া নাড়। সাদা লেড সালফেট উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা 4.6. এক টুকরা ফিল্টার কাগজ লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে ভিজাইয়া কাগজখানি হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের মধ্যে ধর। লেড সালফাইড উৎপন্ন হওয়াতে কাগজখানি কালো হয়। কালো কাগজখানি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে ডুবাইলে সাদা হইয়া যায়। ইহার কারণ, বিক্রিয়ার ফলে সাদা লেড সালফেট উৎপন্ন হইয়াছে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে। লেড সালফাইডের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হয় বলিয়া ইহা জারিত হইয়াছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারিত হইয়া উহা জলে বিজারিত হইয়াছে।

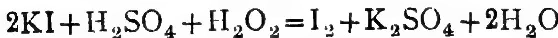


$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে পুরাতন তৈলচিত্রের সাদা রঙ ফিরাইয়া আনা যায়। বায়ুর হাইড্রোজেন সালফাইডের সংস্পর্শে তৈলচিত্রের সাদা ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট কালো লেড সালফাইডে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ দিয়া তৈলচিত্র ধৌত করিলে উপরের বিক্রিয়াটি ঘটে। ফলে লেড সালফেট উৎপন্ন হইয়া তৈলচিত্র আবার সাদা হয়। অবশ্য এখানে একটি নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা 4.7. একটি টেস্ট-টিউবে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ লইয়া উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাও। বেগুনী রঙের আয়োডিন নির্গত হয়। টেস্ট-টিউবের মধ্যে সামান্য স্টার্চ দ্রবণ মিশাইয়া দেখ, দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হইয়াছে। এই নীল বর্ণ আয়োডিনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

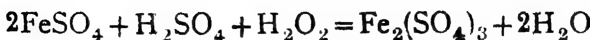
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করিয়া উহাকে জারিত করে।



$$2KI + H_2SO_4 + H_2O_2 = I_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$$

পরীক্ষা 4.8. একটি টেস্ট-টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণ (সবুজ বর্ণ) লও। উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইয়া নাড়। দেখ, দ্রবণের বর্ণ হাল্‌কা হলুদ হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে।



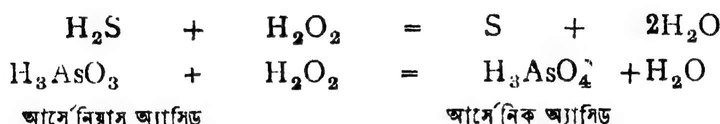
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ সালফিউরাস অ্যাসিডকে ইহা জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। সালফাইট লবণের দ্রবণও সালফেট লবণে জারিত হয়।



$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$

ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া সালফারে এবং আর্সেনিয়াস অ্যাসিডকে জারিত করিয়া আর্সেনিক অ্যাসিডে পরিণত করে।



$$H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$$

$$H_3AsO_3 + H_2O_2 = H_3AsO_4 + H_2O$$

আর্সেনিয়াস অ্যাসিড আর্সেনিক অ্যাসিড

(4) **বিজারণ ক্রিয়া—পরীক্ষা** **4.9.** একটি টেস্ট-টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু দ্রবণ লও এবং উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাও। দেখ, গোলাপী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করিয়া ম্যাঙ্গানাস সালফেটে পরিণত করে। পটাসিয়াম সালফেট (দ্রবণে) উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

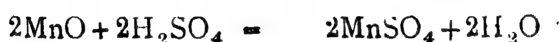
বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে আংশিক সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।



$$2KMnO_4 = K_2O + 2MnO + 5,O$$



$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$



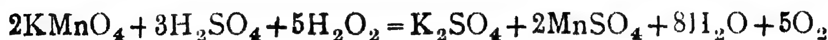
$$2MnO + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O$$



$$5H_2O_2 = 5H_2O + 5,O$$



$$5,O + 5,O = 5O_2$$



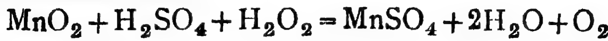
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত সিলভার অক্সাইড মিশাইলে ধাতব সিলভার উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়। অক্সিজেন অপসারিত হওয়ায় সিলভার অক্সাইড বিজারিত হইয়াছে।



$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$

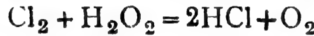
পরীক্ষা 4.10. একটি টেস্ট-টিউবে কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লইয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ কর। ম্যাঙ্গানাস সালফেট উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।



$$MnO_2 + H_2SO_4 + H_2O_2 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2$$

4.4. নং পরীক্ষার সহিত তুলনা কর। সেখানে, অর্থাৎ প্রশম দ্রবণে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড প্রভাবকের কাজ করে। এখানে, অর্থাৎ অ্যাসিড দ্রবণে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়।

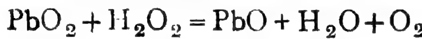
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণে ক্লোরিন পরিচালিত করিলে ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়। এখানে ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়াছে। এই সঙ্গে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।



$$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$$

এই বিক্রিয়াটির একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। ক্লোরিন বা ব্লিচিং পাউডারের সাহায্যে বস্ত্রাদি বিরঞ্জিত করা হয়। যদি অতিরিক্ত ক্লোরিন বস্ত্রাদিতে লাগিয়া থাকে, তবে উহাদের ক্ষতি হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সাহায্যে এই অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করা হয়।

হাইড্রোজেন পার অক্সাইড কালো লেড ডাই-অক্সাইডকে হলুদ বর্ণের লেড মনোক্সাইডে বিজারিত করে। লেড ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারিত হয়।



$$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + H_2O + O_2$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের এই বিজারণ ক্রিয়াগুলি স্বাভাবিক বিজারণ ক্রিয়া অপেক্ষা একটু ভিন্ন প্রকৃতির। বিজারণে বিজারক পদার্থটিকে জারিত হইতে হয়। এখানে দেখ, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অন্যান্য পদার্থগুলিকে বিজারিত করিয়াছে সত্য কিন্তু নিজে জারিত হয় নাই। অপরপক্ষে, প্রতিক্ষেত্রে ইহা বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হইয়াছে। এই বিক্রিয়াগুলিতে সর্বদাই অক্সিজেন নির্গত হয়, লক্ষ্য কর। এইজন্য এইরূপ বিজারণকে সঠিক বিজারণ বলিয়া গণ্য করা যায় না। ইহাকে আপাত বিজারণ ক্রিয়া বলিয়া মনে করা হয়।

(5) **বিরঞ্জন ক্রিয়া**—জারণ ক্ষমতার জন্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উল, সিল্ক, পালক, রেশম, পশম, হাতির দাঁত, লিটমাস, নীল ইত্যাদি পদার্থকে বিরঞ্জিত করে।

(6) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি জীবাণু-নাশক পদার্থ।

(7) **যুত-যৌগ গঠন**—কতকগুলি পদার্থের সহিত ইহা যুত-যৌগ (addition compound) গঠন করে। যথা,

অ্যামোনিয়াম সালফেটের সহিত—$(NH_4)_2 SO_4, H_2O_2$

ইউরিয়া (CON_2H_4)-এর সহিত—CON_2H_4, H_2O_2

ইউরিয়া-র সহিত কেলাসিত কঠিন যৌগিক পদার্থটির নাম হাইপারল (hyperol)। ইহার সহিত সামান্য সাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। হাইপারল জলে মিশাইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) স্টার্চ-আযোডাইড কাগজ ইহার সংস্পর্শে নীল হয়। এক টুক্‌রা ফিল্‌টার কাগজ স্টার্চ দ্রবণ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ডুবাইয়া স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ তৈয়ারী করা হয়।

(ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সহিত ইহা মিশাইলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

(iii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ মিশাইয়া উহাতে ইথার (ether) যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে ইথারের বর্ণ গাঢ় নীল হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার

(i) সিল্ক, উল, পালক, রেশম ইত্যাদি পদার্থকে বিরঞ্জিত করিতে এবং পুরাতন তৈলচিত্রের বর্ণ পুনরুদ্ধারের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

(ii) জীবাণু-নাশকরূপে কুলকুচি করিবার জন্য এবং বিষাক্ত ক্ষত ধৌত করিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) ক্লোরিন ও ব্লিচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের অতিরিক্ত ক্লোরিনের অপসারক (antichlor) হিসাবে ব্যবহার হইয়া থাকে।

(iv) রকেট চালনার জ্বালানিরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(v) জারক দ্রব্যরূপে ল্যাবরেটরীতে ইহার ব্যবহার আছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রণকে ফেণ্টোনের বিকারক (Fenton's reagent) বলা হয়। ইহা জারক দ্রব্যরূপে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়।

জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উভয়ই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক

পদার্থ। কিন্তু গঠনে ও ধর্মে উহারা সম্পূর্ণরূপে ভিন্ন। নিম্নে পার্থক্যগুলি উল্লেখ করা হইল।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	জল
(i) সিরাপের ন্যায় ঘন এবং প্রায় বর্ণহীন তরল পদার্থ। নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধ এবং স্বাদে কটু।	(i) বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন স্বচ্ছ তরল।
(ii) স্ফুটনাঙ্ক 151°C। কিন্তু ঐ তাপ-মাত্রায় ইহা বিযোজিত হয়।	(ii) স্ফুটনাঙ্ক 100°C।
(iii) অ্যাসিডধর্মী কিন্তু জলীয় দ্রবণ প্রশম।	(iii) প্রশম।
(iv) অস্থায়ী প্রকৃতির যৌগ। সহজেই জল ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।	(iu) খুব স্থায়ী প্রকৃতির যৌগ।
(v) জারণ ধর্ম, বিজারণ ধর্ম ও বিরঞ্জন ধর্ম আছে। 4.4.,4.5.,4.6.,4.7.,4.9. নং পরীক্ষার সাহায্যে ইহাকে কিংবা ইহার জলীয় দ্রবণকে জল হইতে পার্থক্য করা যায়।	(v) এইরূপ কোন ধর্ম নাই।
(vi) ওজন হিসাবে 2 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 32 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড গঠিত।	(vi) ওজন হিসাবে 2 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 16 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল গঠিত।

জারণ-বিজারণ

(Oxidation-reduction)

পদার্থের সহিত কেবলমাত্র অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগ ও অপসারণের ভিত্তিতে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া তোমরা নবম শ্রেণীতে পড়িয়াছ। কিন্তু এই বিক্রিয়া দুইটি আরও ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হয়। কারণ, রাসায়নিক বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত অন্যান্য পদার্থও অংশ গ্রহণ করে।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলিক পদার্থ দুইটি ভিন্ন প্রকৃতির। জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অপরা-তড়িৎদ্বারে (negative electrode) বা ক্যাথোডে (cathode) নির্গত হয় এবং অক্সিজেন পরা-তড়িৎদ্বারে (positive electrode) বা অ্যানোডে (anode) নির্গত হয়। বিপরীত তড়িৎযুক্ত পদার্থ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। সুতরাং, ক্যাথোডের দিকে আকৃষ্ট হাইড্রোজেন হইল পরাতড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ (electro-positive element) এবং অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট অক্সিজেন হইল অপরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ (electro-negative element)। হাইড্রো-জেনের ন্যায় ধাতব মৌলিক পদার্থগুলি পরা-তড়িৎবাহী এবং অক্সিজেনের ন্যায় অধাতব মৌলিক পদার্থগুলি অপরা-তড়িৎবাহী। মূলকগুলির মধ্যে NH_4 মূলক পরা-তড়িৎবাহী এবং SO_4, SO_3, NO_3, CO_3 ইত্যাদি মূলকগুলি অপরা-তড়িৎবাহী। এইরূপে সমস্ত মৌলিক পদার্থ ও মূলককে পরা-তড়িৎবাহী ও অপরা-তড়িৎবাহীরূপে শ্রেণীবিভাগ করা যায়। সুতরাং জারণ ও বিজারণকে ব্যাপক অর্থে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

জারণ (Oxidation)—যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলক যুক্ত হয় বা উহাদের অনুপাত বৃদ্ধি পায় কিংবা কোন পদার্থ হইতে পরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলক অপসারিত হয় বা উহাদের অনুপাত হ্রাস পায় তাহাকে জারণ বলে।

বিজারণ (reduction)—যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত পরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলক যুক্ত হয় বা উহাদের

অনুপাত বৃদ্ধি পায় কিংবা কোন পদার্থ হইতে অপরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলক অপসারিত হয় বা উহাদের অনুপাত হ্রাস পায় তাহাকে বিজারণ বলে।

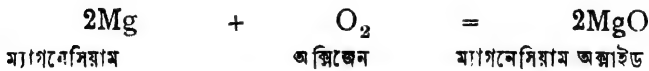
অতএব, একটি পদার্থ জারিত হইয়াছে বলিলে বুঝিতে হইবে যে ঐ পদার্থে অপরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়াছে কিংবা পদার্থটির পরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত হ্রাস পাইয়াছে। সেইরূপ, কোন পদার্থ বিজারিত হওয়ার অর্থ এই যে, উহাতে পরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়াছে কিংবা উহার অপরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত হ্রাস পাইয়াছে।

যে পদার্থটি ঘটায় জারণ অর্থাৎ যাহা অপর কোন পদার্থে অপরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি করে বা উহার পরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত হ্রাস করে তাহাকে জারক দ্রব্য (oxidising agent) **বলে।**

যে পদার্থটি বিজারণ ঘটায় অর্থাৎ যাহা অপর কোন পদার্থে পরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি করে বা উহার অপরা-তড়িৎবাহী অংশের অনুপাত হ্রাস করে তাহাকে বিজারক দ্রব্য (reducing agent) **বলে।**

- জারণ, বিজারণ, জারিত হওয়া, বিজারিত হওয়া, জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্য সম্পর্কে এই কথাগুলি মনে রাখিয়া নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য কর। নিম্নের বিক্রিয়াগুলি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার উদাহরণ।

(1) উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনের সহিত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

এখানে পরা-তড়িৎবাহী ম্যাগনেসিয়ামের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী অক্সিজেন যুক্ত হইয়াছে বলিয়া ম্যাগনেসিয়াম জারিত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে। অক্সিজেন এই জারণ ঘটাইয়াছে, সুতরাং অক্সিজেন জারক দ্রব্য। আবার, অক্সিজেনের সহিত পরা-তড়িৎবাহী ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হইয়াছে বলিয়া অক্সিজেন বিজারিত হইয়াছে। ম্যাগনেসিয়াম এই বিজারণ ঘটাইয়াছে, সুতরাং ম্যাগনেসিয়াম বিজারক দ্রব্য। এই জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় জারক দ্রব্য (অক্সিজেন) বিজারিত হইয়াছে এবং বিজারক দ্রব্য (ম্যাগনেসিয়াম) জারিত হইয়াছে।

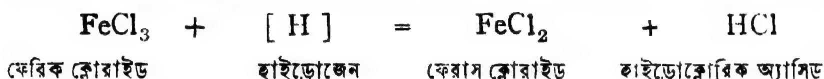
(2) সূর্যালোকে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

হাইড্রোজেনের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিন যুক্ত হইয়াছে, সুতরাং হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে। ক্লোরিনের সহিত পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়াছে বলিয়া ইহা বিজারিত হইয়াছে। পূর্বের ন্যায় জারক দ্রব্য ক্লোরিন বিজারিত হইয়াছে, বিজারক দ্রব্য হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে।

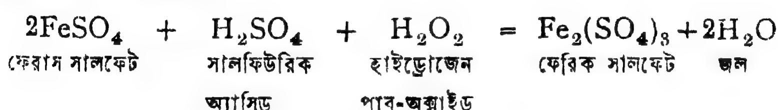
(3) জায়মান হাইড্রোজেন ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে।



$$FeCl_3 + [H] = FeCl_2 + HCl$$

$FeCl_3$-এর অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের অনুপাত হ্রাস পাইয়া $FeCl_2$ উৎপন্ন হইয়াছে অর্থাৎ ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়াছে। হাইড্রোজেনের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিন যুক্ত হইয়া উহা HCl-এ জারিত হইয়াছে। জায়মান হাইড্রোজেন বিজারক দ্রব্য, উহা জারিত হইয়াছে। $FeCl_3$ জারক দ্রব্য, উহা বিজারিত হইয়াছে।

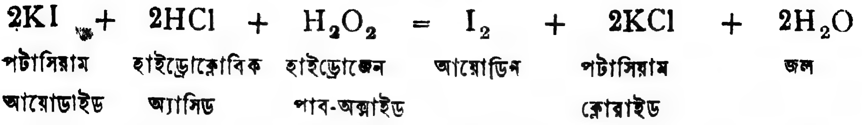
(4) অ্যাসিডমিশ্রিত ফেরাস সালফেটকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ফেরিক সালফেটে পরিণত করে।



$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

$FeSO_4$-এ একটি Fe-পরমাণুর সহিত একটি SO_4-মূলক যুক্ত আছে; $Fe_2(SO_4)_3$-এ দুইটি Fe-পরমাণুর সহিত তিনটি SO_4-মূলক যুক্ত আছে। সুতরাং $FeSO_4$-এর অপরাতড়িৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়া এই পরিবর্তন ঘটিয়াছে। অতএব, ফেরাস সালফেট জারিত হইয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত হইয়াছে। আবার, H_2O_2 হইতে অপরা-তড়িৎবাহী অক্সিজেনের অনুপাত হ্রাস পাইয়া উহা H_2O-এ পরিণত হইয়াছে। সুতরাং H_2O_2 বিজারিত হইয়াছে।

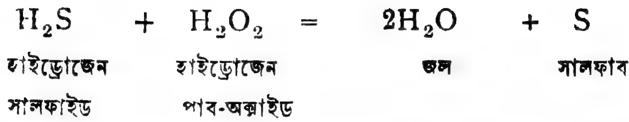
(5) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করে।



$$2KI + 2HCl + H_2O_2 = I_2 + 2KCl + 2H_2O$$

KI হইতে পরা-তড়িৎবাহী K অপসারিত হইয়া উহা আয়োডিনে জারিত হইয়াছে। H_2O_2 এখানে জারক দ্রব্য, উহা জলে বিজারিত হইয়াছে।

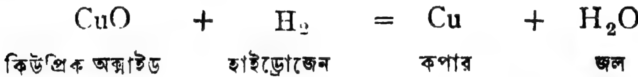
(6) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়ায় সালফার ও জল উৎপন্ন হয়।



$$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S$$

H_2S হইতে পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়া উহা সালফারে (S) জারিত হইয়াছে। H_2O_2 হইতে অপরা-তড়িৎবাহী অক্সিজেন অপসারিত হইয়া উহা জলে (H_2O) বিজারিত হইয়াছে। জারক দ্রব্য (H_2O_2) বিজারিত হইয়াছে এবং বিজারক দ্রব্য (H_2S) জারিত হইয়াছে।

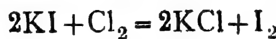
(7) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করিলে ধাতব কপার ও জল উৎপন্ন হয়।



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

CuO-এর অপরা-তড়িৎবাহী অক্সিজেন অপসারিত হইয়া Cu উৎপন্ন হইয়াছে অর্থাৎ CuO ধাতব কপারে বিজারিত হইয়াছে। হাইড্রোজেনের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী অক্সিজেন যুক্ত হইয়া উহা জলে জারিত হইয়াছে। জারক দ্রব্য (CuO) বিজারিত হইয়াছে, বিজারক দ্রব্য (H_2) জারিত হইয়াছে।

(8) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে আয়োডিন নির্গত হয় এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

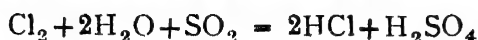


$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

এখানে KI হইতে পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়াম অপসারিত হওয়াতে পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হইয়াছে। আবার, ক্লোরিনের সহিত পরা-তড়িৎ-বাহী পটাসিয়াম যুক্ত হওয়াতে ক্লোরিন পটাসিয়াম ক্লোরাইডে বিজারিত হইয়াছে।

ক্লোরিন জারক দ্রব্য, ইহা বিজারিত হইয়াছে; KI বিজারক দ্রব্য, ইহা জারিত হইয়াছে।

(9) ক্লোরিন-জলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$Cl_2+2H_2O+SO_2 = 2HCl+H_2SO_4$$

জারক দ্রব্য ক্লোরিন H-এর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে এবং পরে জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

এখানে কয়েকটি মাত্র রাসায়নিক বিক্রিয়া উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা হইল। অন্যান্য জারণ বিজারণ ক্রিয়া পড়িবার সময় এই কথাগুলি মনে রাখিবে। এই বিক্রিয়াগুলির দুইটি বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য কর :—

(1) একই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটিতেছে।

(2) জারক দ্রব্য নিজে বিজারিত হয় এবং বিজারক দ্রব্য নিজে জারিত হয়।

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াতে যোজ্যতার পরিবর্তন

জারণ বিজারণ বিক্রিয়াতে পদার্থে যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে। পরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলকের যোজ্যতা হইল পরা-যোজ্যতা (positive valency)। যথা, সোডিয়ামের যোজ্যতা $+1$, ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা $+2$ ইত্যাদি। অপরা-তড়িৎবাহী মৌলিক পদার্থ বা মূলকের যোজ্যতা হইল অপরা-যোজ্যতা (negative valency)। যথা, অক্সিজেনের যোজ্যতা -2, OH মূলকের যোজ্যতা -1, SO_4 মূলকের যোজ্যতা -2 ইত্যাদি।

জারণে মৌলিক পদার্থের পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় কিংবা অপরা-যোজ্যতা হ্রাস পায়। বিজারণে মৌলিক পদার্থের পরা-যোজ্যতা হ্রাস পায় কিংবা অপরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়।

মুক্ত অবস্থায় মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা শূন্য (0) ধরা হয়।



(1) $$2Mg+O_2=2MgO$$

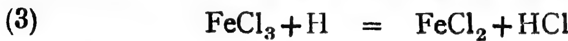
ম্যাগনেসিয়াম-এর যোজ্যতা শূন্য (0) হইতে $+2$ (MgO-এ) হইয়াছে। সুতরাং

Mg-এর যোজ্যতা বৃদ্ধি পাইয়াছে বলিয়া উহা জারিত হইয়াছে। অক্সিজেনের যোজ্যতা শূন্য (0) হইতে—2তে পরিণত হইয়াছে। অক্সিজেন বিজারিত হইয়াছে।



(2) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

হাইড্রোজেনের যোজ্যতা শূন্য (0) হইতে+1 এ বৃদ্ধি পাইয়াছে। সুতরাং হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে। ক্লোরিনের যোজ্যতা শূন্য (0) হইতে−1 (HCl-এ ক্লোরিনের যোজ্যতা −1) হইয়াছে। সুতাং ক্লোরিন বিজারিত হইয়াছে।



(3) $FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$

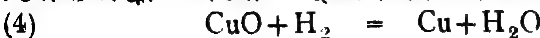
ফেরিক ক্লোরাইডে Fe-এর পরা-যোজ্যতা +3, ফেরাস ক্লোরাইডে Fe-এর পরা-যোজ্যতা +2। পরিবর্তনের ফলে Fe-এরা পরা-যোজ্যতা হ্রাস পাইয়াছে। সুতরাং ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়াছে। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা শূন্য (0) হইতে+1 এ (HCl-এ হাইড্রোজেনের যোজ্যতা +1) পরিবর্তিত হইয়াছে। সুতরাং হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে। সাধারণভাবে বলা যায়—

ফেরাস লবণ ——→ ফেরিক লবণ
(Fe-এর যোজ্যতা 2) ←—— (Fe-এর যোজ্যতা 3)
বিজারণ

জারণ
স্ট্যানাস লবণ যথা, $SnCl_2$ ——→ স্ট্যানিক লবণ যথা, $SnCl_4$
(Sn-এর যোজ্যতা 2) ←—— (Sn-এর যোজ্যতা 4)
বিজারণ

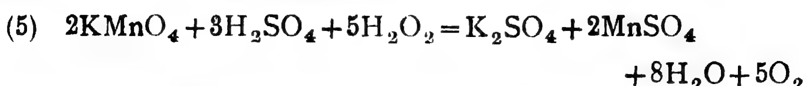
জারণ
কিউপ্রাস লবণ ——→ কিউপ্রিক লবণ
(Cu-এর যোজ্যতা 1) ←—— (Cu-এর যোজ্যতা 2)
বিজারণ

—আস্ (-ous) লবণ-ইক (-ic) লবণে পরিণত হওয়ার অর্থ ধাতুটির পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পাওয়া। সুতরাং এই পরিবর্তন হইল জারণ। -ইক (-ic) লবণ -আস্ (ous) লবণে পরিণত হওয়ার অর্থ ধাতুটির পরা-যোজ্যতা হ্রাস পাওয়া। সুতরাং এই পরিবর্তন হইল বিজারণ।



(4) $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

Cu-এর পরা-যোজ্যতার হ্রাস (+2 হইতে 0) হইয়াছে ; অতএব CuO হইতে Cu-এ পরিবর্তন বিজারণ। H-এর পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি (0 হইতে+1) হইয়াছে। অতএব H হইতে H_2O-এর পরিবর্তন জারণ।



(5) $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$

$KMnO_4$ পরিবর্তিত হইয়া $MnSO_4$ হইয়াছে। যৌগিক পদার্থের উপাদান-মৌলিক পদার্থগুলির মোট পরা-যোজ্যতা এবং অপরা-যোজ্যতা পরস্পর সমান। $KMnO_4$-এ K-এর পরা-যোজ্যতা +1, অক্সিজেনের মোট অপরা-যোজ্যতা $4\times(-2)$ বা -8। সুতরাং Mn-এর পরা-যোজ্যতা +7। $MnSO_4$-এ Mn-এর পরা--যোজ্যতা +2। সুতরাং Mn-এর যোজ্যতা +7 হইতে +2-এ হ্রাস পাইয়াছে। অতএব ইহা বিজরণ।

নিম্নে কতকগুলি জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের উদাহরণ দেওয়া হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে কয়েকটির জারণ-বিজারণ ক্রিয়া তোমরা পড়িয়াছ। অন্যান্যগুলি সম্পর্কে যথাস্থানে আলোচনা করা হইয়াছে।

জারক দ্রব্য—অক্সিজেন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ইত্যাদি।

বিজারক দ্রব্য—হাইড্রোজেন গ্যাস, জায়মান হাইড্রোজেন, কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সালফাইট, সালফার ডাই-অক্সাইড, স্ট্যানাস ক্লোরাইড, ফেরাস সালফেট ইত্যাদি।

পরিচায়ক পরীক্ষা

জারক দ্রব্য

(i) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন নির্গত করে। নির্গত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে গাঢ় নীল করে।

(ii) হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার পৃথক করে।

(iii) ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিণত করে।

বিজারক দ্রব্য

(i) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন করে।

(ii) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটর হলুদ বর্ণকে সবুজ করে ;

(iii) ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে পরিণত করে।

অনুশীলনী 4

1. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান ধর্মগুলি ও ব্যবহার বিবৃত কর। জল-গাহে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ বাষ্পীভূত করিলে কি ঘটে ?

1. How is hydrogen peroxide prepared ? State its important properties and uses. What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on water-bath ?

[*H. S. Exam., 1960, '68 (Comp.) '69*]

2. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু কিন্তু মোটামুটি বিশুদ্ধ জলীয় দ্রবণ কিরূপে প্রস্তুত করিবে ?

2. How would you prepare a dilute, but otherwise pure aqueous solution of hydrogen peroxide ? [*H. S. Exam., 1962, 1964*]

3. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গাঢ় দ্রবণ কিরূপে তৈয়ারী করিবে ? ইহার জারক ধর্ম ও বিজারক ধর্মের দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও এবং পার-অক্সাইড উৎপন্নের এবং বিরঞ্জনের একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

3. How would you prepare a very concentrated solution of hydrogen peroxide ? Give (a) two examples each of its oxidising property and reducing property and (b) one example each of its peroxiding property and bleaching action.

[*H. S. Exam., 1966, 1971*]

4. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ এবং জলের মধ্যে পার্থক্য করিবার জন্য চারিটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। সমীকরণ লিখ।

4. Give particulars, with equations, of four experiments you would perform to distinguish between a dilute solution of hydrogen peroxide and water. [*H. S. Exam., 1964, 1969*]

5. কিরূপে প্রমাণ করিবে যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (a) একটি জারক দ্রব্য, (b) একটি আপাত বিজারক দ্রব্য, (c) বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে ?

5. How would you show that hydrogen peroxide
   (a) is an oxidising agent, [*H. S. Exam., 1962*]
   (b) is an apparent reducing agent,
   (c) decomposes into oxygen ? [*H. S. Exam., 1962*]

6. উদাহরণ দাও—হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যরূপে কাজ করে।

6. Illustrate—Hydrogen peroxide behaves both as an oxidising agent and a reducing agent.

7. নিম্নচাপে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ কিরূপে বিশুদ্ধ করা হয় বর্ণনা কর। যন্ত্রের চিত্র আঁক।

7. Describe how an aqueous solution of hydrogen peroxide is purified by distillation under reduced pressure. Give a neat sketch of the apparatus used. [*H. S. 1968 (Comp.)*]

8. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিরূপে বিক্রিয়া করে ? উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম এবং প্রয়োজনীয় সমীকরণ লিখ।

(i) লেড সালফাইড, (ii) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড, (iii) সিলভার অক্সাইড, (iv) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, (v) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, (vi) লেড ডাই-অক্সাইড, (vii) অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণ, (viii) হাইড্রোজেন সালফাইড, (ix) ক্লোরিন (x) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট।

8. How does hydrogen peroxide react with (i) lead sulphide (H. S. 1969), (ii) acidified potassium iodide (H. S. 1969), (iii) silver oxide, (iv) manganese dioxide, (v) a suspension of manganese dioxide in dilute sulphuric acid, (vi) lead dioxide, (vii) acidified ferrous sulphate solution, (viii) hydrogen sulphide, (ix) chlorine, (x) acidified potassium permanganate ? Name the products and give necessary equations.

9. কারণ বল :—

(i) বেরিয়াম পার-অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড না ব্যবহার করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

(ii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ সামান্য অ্যাসিডযুক্ত রাখা হয়।

(iii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিতে অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার না করিয়া সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

(iv) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণকে নিম্নচাপে পাতিত করা হয়।

(v) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিজারণ-ক্রিয়া আপাত-বিজারণ।

(vi) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ খোলা অবস্থায় বাষ্পীভবনের সাহায্যে গাঢ় করা হয় না।

9. Explain why—

(i) dilute sulphuric and not hydrochloric acid is used in the preparation of hydrogen peroxide from barium peroxide.

(ii) hydrogen peroxide solution is kept acidic.

(iii) hydrated and not anhydrous barium peroxide is used for the preparation of hydrogen peroxide.

(iv) distillation of hydrogen peroxide solution is done under reduced pressure.

(v) the reducing action of hydrogen peroxide is called apparent reducing action.

(vi) the aqueous solution of hydrogen peroxide is not concentrated by evaporation in open air.

10. উদাহরণ সহ সংজ্ঞা লিখ :—

জারণ, বিজারণ, জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্য।

10. Define and illustrate :—

Oxidation, reduction, oxidising agent, reducing agent

[H. S. Exam., 1960, '63, '69, '70]

11. উদাহরণ দাও—জারণ ও বিজারণ যুগপৎ চলে।

11. Illustrate with examples—The process of oxidation and reduction take place simultaneously.

12. জারক দ্রব্যে সর্বদা অক্সিজেন থাকা প্রয়োজন কি ? উদাহরণ দাও।

12. Is it necessary that an oxidising agent should always contain oxygen ? Give examples.

13. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জারণ-ক্রিয়া কিংবা বিজারণ-ক্রিয়ার উদাহরণ দাও। সমীকরণ সহ ব্যাখ্যা কর।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, জায়মান হাইড্রোজেন, কিউপ্রিক অক্সাইড, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন গ্যাস, ক্লোরিন।

13. Illustrate the oxidising or reducing action of the following substances. Explain with equations.

Hydrogen peroxide, nascent hydrogen, cupric oxide, oxygen, hydrogen gas, chlorine.

14. একটি পদার্থ জারক দ্রব্য না বিজারক দ্রব্য তাহা কিরূপে বুঝিবে ?

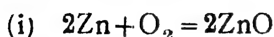
14. How would you know whether a substance is an oxidising agent or a reducing agent ?

15. জারণে ও বিজারণে যে যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে তাহা উদাহরণ দ্বারা দেখাও।

15. Give examples to show that oxidation and reduction involve valency changes.

16. নিম্নে কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইয়াছে। প্রতিটি ক্ষেত্রে দেখাও কোন্‌টি জারক দ্রব্য, কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য, কোন্‌টি বিজারিত হয়, কোন্‌টি জারিত হয়। কারণ সহ উত্তর লিখ।

16. Below are given equations for some chemical reactions. Indicate, in each case, the oxidising agent, the reducing agent, the substance which is reduced, and the substance which is oxidised. Give reasons for your answer.



(i) $2Zn + O_2 = 2ZnO$

(ii) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

(iii) $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

(iv) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

(v) $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$

(vi) $PbO + H_2 = Pb + H_2O$

(vii) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

(viii) $Fe_2(SO_4)_3 + 2H = 2FeSO_4 + H_2SO_4$

(ix) $2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$

(x) $H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$

(xi) $C + H_2O = CO + H_2$

(xii) $2NH_3 + 3Cl_2 = 6HCl + N_2$

অধ্যায় 5

অ্যামোনিয়া

(AMMONIA)

1774 খৃস্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও চুনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করেন। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রাচীনকালের রাসায়নিকদের নিকট স্যাল-অ্যামোনিয়াক (sal ammoniac) নামে পরিচিত ছিল। আমাদের দেশে ইহাকে নিশাদল বলে। প্রিস্টলী এই গ্যাসের নাম দিয়াছিলেন "ক্ষারীয় বায়ু" (alkaline air)। অ্যামোনিয়া যে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন বার্থোলে (Berthollet)।

উদ্ভিদ ও মৃত জীবজন্তুর দেহ পচিয়া মাটিতে অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ উৎপন্ন হয়। মল ও মূত্রাগারে, আস্তাবলে ও গোশালায় যে তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধ পাওয়া যায় তাহা অ্যামোনিয়া গ্যাসের গন্ধ।

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি

1. **অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ হইতে**—কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে ক্ষারজাতীয় পদার্থের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$NH_4Cl + NaOH = NH_3 + NaCl + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড কস্টিক সোডা অ্যামোনিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড জল



$$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH = 2NH_3 + K_2SO_4 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট কস্টিক পটাস অ্যামোনিয়া পটাসিয়াম সালফেট জল



$$NH_4NO_3 + NaOH = NH_3 + NaNO_3 + H_2O$$

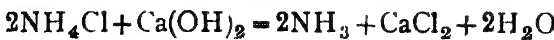
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট কস্টিক সোডা অ্যামোনিয়া সোডিয়াম নাইট্রেট জল



$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

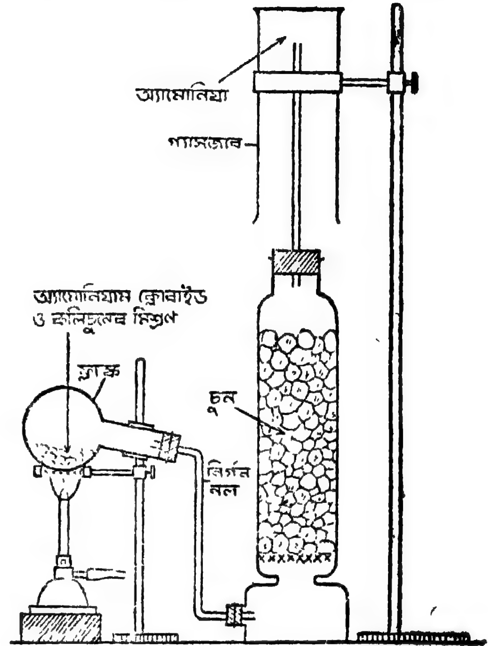
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম অক্সাইড অ্যামোনিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জল

পরীক্ষা 5. 1. **ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি**—ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কলিচুনের (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।



$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

এক ভাগ ওজনের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত তিন ভাগ ওজনের শুষ্ক কলিচুন উত্তমরূপে মিশ্রিত কর। একটি গোলতল ফ্লাস্কে এই মিশ্রণটি লও। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বাকান নির্গম-নল লাগাইয়া ফ্লাস্কটি একটি স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও। নির্গম-নলের অপর মুখ একটি চুন-স্তম্ভের (lime tower) সহিত জুড়িয়া দাও। চুন-স্তম্ভের উপরে একটি নল লাগান আছে। একটি শুষ্ক গ্যাস-জার এই নলের উপর উপুড় করিয়া বসাইয়া গ্যাস-জারটি স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও।

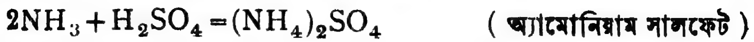


চিত্র 19—ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নলের মধ্য দিয়া চুন-স্তম্ভে প্রবেশ করে। চুনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় অ্যামোনিয়ার সহিত মিশ্রিত জলীয় বাষ্প চুন দ্বারা শোষিত হয়। চুন-স্তম্ভ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক। ইহা বায়ুর নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাস জারে সঞ্চিত হয়। কারণ, অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা। গ্যাসজারটি অ্যামোনিয়া গ্যাসে পূর্ণ হইয়াছে কিনা বুঝিবার জন্য একটি লাল লিটমাস কাগজ জলে ভিজাইয়া গ্যাসজারের মুখে ধর। লাল লিটমাস কাগজ নীল হইলে বুঝিবে যে গ্যাসজার অ্যামোনিয়া গ্যাসে পূর্ণ হইয়াছে।

অ্যামোনিয়া ক্ষারক-জাতীয় পদার্থ। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড (অ্যাসিডীয় অক্সাইড)-এর সহিত বিক্রিয়ায় ইহা অ্যামোনিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট উৎপন্ন করে। এই জন্য এই দুইটি পদার্থের সাহায্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা যায় না। আবার, অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

অ্যামোনিয়ার সহিত একটি যুত-যৌগ গঠন করে, তাই ইহার সাহায্যেও অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা যায় না। চুন ক্ষারজাতীয় পদার্থ, অ্যামোনিয়ার সহিত ইহার কোনরূপ বিক্রিয়া ঘটে না। সেইজন্য চুনের সাহায্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা হয়।



$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 \quad \text{(অ্যামোনিয়াম সালফেট)}$$

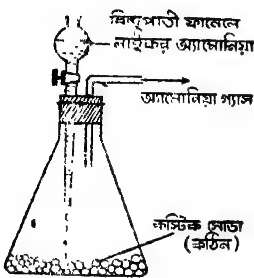


$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4 \quad \text{(অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট)}$$



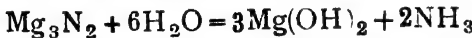
$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2,\ 8NH_3$$

লাইকর অ্যামোনিয়া (liquor ammonia) হইতে ল্যাবরেটরীতে খুব সুবিধায় অ্যামোনিয়া গ্যাসের বন্দোবস্ত করা যায়। লাইকর অ্যামোনিয়া হইল অ্যামোনিয়া গ্যাসের গাঢ় জলীয় দ্রবণ। ইহাতে শতকরা প্রায় 28 ভাগ অ্যামোনিয়া থাকে। একটি কনিকাল ফ্লাস্কে কঠিন কস্টিক সোডা বা পটাস লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে উহার উপর আস্তে আস্তে লাইকর অ্যামোনিয়া ঢাল। নির্গম-নল দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হয়।



চিত্র 20—লাইকর অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস

2. **ধাতব নাইট্রাইড হইতে**—ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড, ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড, অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে জল দ্বারা ফুটাইলে (সাধারণতঃ কস্টিক সোডার দ্রবণ ব্যবহার করা হয়) অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$



$$AlN + NaOH + H_2O = NH_3 + NaAlO_2$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

3. **নাইট্রেট লবণ হইতে**—নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণকে জিঙ্ক ও গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়া ফুটান হয়। উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রেট লবণকে অ্যামোনিয়াতে পরিণত করে।



$$NaNO_3 + [8H] = NH_3 + NaOH + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়ার ধর্ম

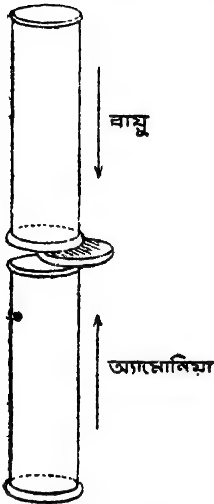
ভৌত ধর্ম—(i) অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন এবং তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস।

(ii) চাপের সাহায্যে (10°C তাপমাত্রায় প্রায় ছয়গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে) ইহাকে সহজেই তরলে পরিণত করা যায়।

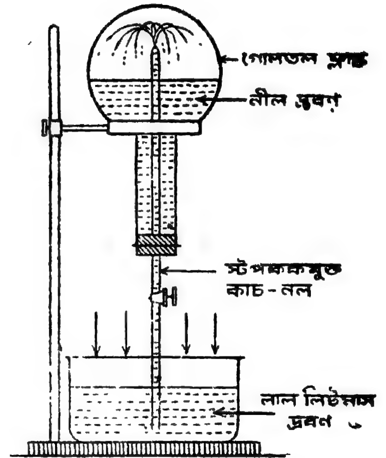
(iii) অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।

পরীক্ষা 5.2. একটি খালি গ্যাসজারকে একটি অ্যামোনিয়ার গ্যাসজারের মুখের উপর উপুড় করিয়া বসাইয়া ঢাকনি বসাও। কিছু সময় পরে উপরের গ্যাসজারের মুখে একটি জলে ভিজান লাল লিটমাস কাগজ ধর। দেখ, লাল লিটমাস কাগজ নীল হইয়াছে। অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উহা নীচের গ্যাসজার হইতে উপরের গ্যাসজারে আসিয়াছে।

(iv) অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। 0°C তাপমাত্রায় এবং 760



চিত্র 21—অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হাল্কা



চিত্র 22—ফোয়ারা পরীক্ষা

মিলিমিটার বায়ু-চাপে আয়তন হিসাবে এক ভাগ জলে 1299 ভাগ অ্যামোনিয়া গ্যাস-দ্রবীভূত হয়। ইহার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে "লাইকর অ্যামোনিয়া" বলে।

পরীক্ষা 5.3. একটি শুষ্ক গোলতল-ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়া গ্যাস পূর্ণ করিয়া ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগাও। কর্কের মধ্যে স্টপককযুক্ত একটি কাচ-নল প্রবেশ করান আছে। একটি পাত্রে লাল লিটমাস দ্রবণ লও। ফ্লাস্কটিকে উল্টা করিয়া এরূপভাবে রাখ যেন কাচ-নলের বাহিরের প্রান্ত লাল লিটমাস দ্রবণে ডুবান থাকে। স্টপকক খুলিয়া ফ্লাস্কটিকে শীতল জল দ্বারা ঠাণ্ডা কর। কাচ-নল দিয়া জল ধীরে ধীরে ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করে এবং অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসিয়া উহার বর্ণ নীল হয়। ফ্লাস্কে একটু জল প্রবেশ করিলেই আরও অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইতে

থাকে এবং চাপ-হ্রাসের ফলে বাহিরের লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতরে ছড়াইয়া পড়ে। সঙ্গে সঙ্গে লাল লিটমাস দ্রবণের বর্ণ নীল হইয়া যায়।

এই পরীক্ষাটিকে **'ফোয়ারা' পরীক্ষা'** (Fountain experiment) বলা হয়। এই পরীক্ষার সাহায্যে অ্যামোনিয়ার দুইটি ধর্ম জানিতে পার—

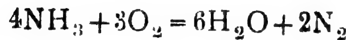
(১) **অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রাব্য, এবং** (১) **অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।**

পরীক্ষা 5.4. অ্যামোনিয়া-পূর্ণ একটি গ্যাসজারে লাল লিটমাস দ্রবণ মিশাইয়া ঝাকাও। গ্যাসজারটি জলের মধ্যে উপুড় করিয়া ঢাকনি সরাও। দেখ, লাল লিটমাস দ্রবণ নীল হইয়াছে এবং গ্যাসজার সম্পূর্ণরূপে জলে পূর্ণ হইয়াছে।

(1) **রাসায়নিক ধর্ম**—অ্যামোনিয়া দাহ্য নহে কিংবা দহনের সহায়ক নহে।

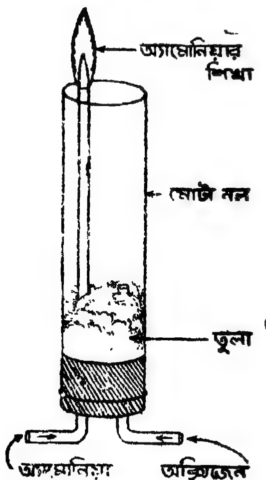
পরীক্ষা 5.5. একটি অ্যামোনিয়ার গ্যাসজার উপুড় করিয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধর। জ্বলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়, গ্যাসও জ্বলে না।

(2) **অ্যামোনিয়ার জারণ**—অক্সিজেনের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস ঈষৎ হলুদ বর্ণের শিখা সহ জ্বলে। অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং জলে পরিণত হয়।



$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$

পরীক্ষা 5.6. একটি মোটা ব্যাসের কাচ-নলের এক মুখ রবার কর্কের সাহায্যে বন্ধ কর। কর্কের ভিতর দিয়া সমকোণে বাঁকান দুইটি কাচ-নল প্রবেশ করাও। একটি কাচ-নল অপেক্ষাকৃত লম্বা, মোটা নলের অপর খোলা মুখ পর্যন্ত প্রায় পৌঁছায়; অপর নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট। ছোট নলের, মুখে কিছু তুলা রাখ। ছোট নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাস প্রবেশ করাও। এবার লম্বা নলটির ভিতর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত কর। অ্যামোনিয়ার নলের মুখে আগুন ধরাও। দেখ, অ্যামোনিয়া ঈষৎ হলুদ শিখা সহ জ্বলে।



চিত্র 23—অক্সিজেনে অ্যামোনিয়ার দহন

উত্তপ্ত প্লাটিনামের তারজালির (প্রভাবক) উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অক্সিজেন বা বায়ুর মিশ্রণ দ্রুত প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়।



$$4NH_3+5O_2=6H_2O+4NO$$

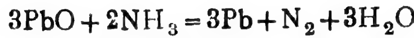
অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি এই বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে।

কপার অক্সাইডের সাহায্যে জারণ—উত্তপ্ত কপার অক্সাইড অ্যামোনিয়া গ্যাসকে নাইট্রোজেনে জারিত করে। কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। সুতরাং উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্ম আছে।



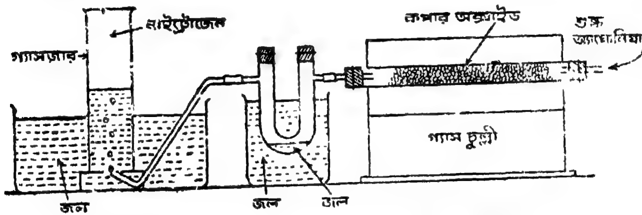
$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

লেড মনোক্সাইডের সহিতও একই রকমের বিক্রিয়া ঘটে। নাইট্রোজেন ও ধাতব লেড উৎপন্ন হয়।



$$3PbO + 2NH_3 = 3Pb + N_2 + 3H_2O$$

পরীক্ষা 5.7. শক্ত কাচের তৈয়ারী একটি লম্বা নলে কালো কপার অক্সাইড লও। কাচ-নলের একমুখ একটি U-নলের সহিত যুক্ত এবং U-নলের অপর মুখে একটি নির্গম-নল লাগান আছে। U-নলটি ঠাণ্ডা জলের মধ্যে বসান। কাচ-নলের কপার অক্সাইড তীব্র উত্তপ্ত কর এবং



চিত্র 24—বিজারক দ্রব্যরূপে অ্যামোনিয়া

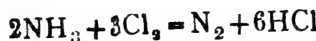
নলের অপর মুখ দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত কর। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প U-নল দিয়া প্রবাহিত হয়। U-নলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস জল অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়।

এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয়—

(1) **উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য, এবং**

(2) **অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন আছে।**

ক্লোরিনের সাহায্যে জারণ—অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয় এবং সেই সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

সুতরাং মোট বিক্রিয়াটি এইরূপে প্রকাশ করা যায়—



$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$$

অতিরিক্ত ক্লোরিন থাকিলে নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড নামের একটি তৈলাক্ত বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হয়।



$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

(3) **অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া**—অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী বলিয়া বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন করে। কিন্তু এই বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয় না।



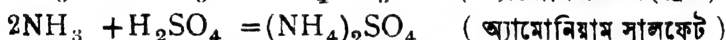
$NH_3 + HCl = NH_4Cl$ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)



$NH_3 + HBr = NH_4Br$ (অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড)



$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$ (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)



$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ (অ্যামোনিয়াম সালফেট)

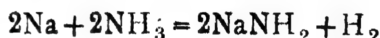
পরীক্ষা 5.8. একটি গ্যাসজারে কয়েক ফোঁটা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া গ্যাসজারটি গড়াইয়া লও। গ্যাসজারটিকে এখন একটি অ্যামোনিয়ার গ্যাসজারের মুখের উপর বসাইয়া ঢাকনি সরাও। দেখ, গ্যাসজার দুইটি সাদা ধোঁয়ায় পূর্ণ হয়।



চিত্র 25—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপাদন

অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সূক্ষ্ম কণাগুলিকে ধোঁয়ার মত দেখায়।

(4) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া**—উত্তপ্ত সোডিয়ামের (প্রায় 400°C) উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে সোডামাইড (sodamide) উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।



$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

পরীক্ষা 5.9. শক্ত কাচের তৈয়ারী একটি মোটা নলে ধাতব সোডিয়াম রাখিয়া উত্তপ্ত কর। নলের এক

প্রান্ত হইতে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এই গলিত সোডিয়ামের উপর দিয়া প্রবাহিত কর। মোটা নলের অপর মুখে একটি সরু নল যুক্ত আছে। এই সরু নল দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হয়। এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলে।

এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, **অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন আছে।**

সোডামাইড সাদা মোমের ন্যায় একটি কঠিন পদার্থ। জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা অ্যামোনিয়া নির্গত করে।



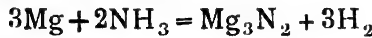
$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$

পটাসিয়ামের সহিত বিক্রিয়া একইরূপ, পটাসামাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



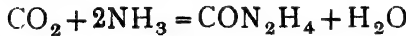
$$2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2$$

ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



$$3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2$$

(5) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া**—190°C তাপমাত্রায় এবং 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইউরিয়া (urea) নামের একটি কঠিন পদার্থ গঠিত হয়। জমির সাররূপে এবং প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থ তৈয়ারী করিতে ইউরিয়া ব্যবহৃত হয়।



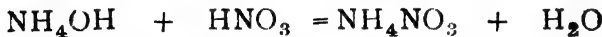
$$CO_2 + 2NH_3 = CON_2H_4 + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

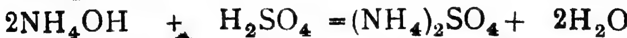
ইহা অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ। $NH_3 + H_2O = NH_4OH$। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষারধর্মী—লাল লিটমাস দ্রবণ নীল করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত লবণ ও জল উৎপন্ন করে।



$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$



$$NH_4OH + HNO_3 = NH_4NO_3 + H_2O$$



$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

কোন কোন ধাতব লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা,



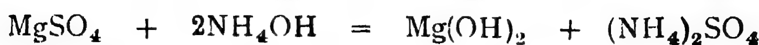
$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$FeCl_3$	$3NH_4OH$	$Fe(OH)_3$	$3NH_4Cl$
ফেরিক ক্লোরাইড	অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড	ফেরিক হাইড্রক্সাইড	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড



$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড   অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড   অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড   অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড



$$MgSO_4 + 2NH_4OH = Mg(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

ম্যাগনেসিয়াম সালফেট   অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড   ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড   অ্যামোনিয়াম সালফেট

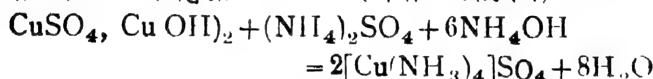
ফেরিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপের বর্ণ বাদামী, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপের বর্ণ সাদা।

কোন কোন ধাতব লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে প্রথমে অধঃক্ষেপ আসে, কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াতে উহা দ্রবীভূত হয়। প্রতি ক্ষেত্রে জটিল লবণের সৃষ্টি হয় ; যথা,



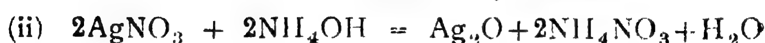
(i) $$2CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

কপার সালফেট   অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড   ক্ষারকীয় কপার সালফেট : (নীলাভ অধঃক্ষেপ)



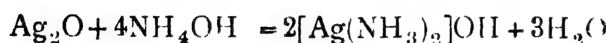
$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 + 6NH_4OH = 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$$

কিউপ্রোমোনিয়াম সালফেট (গাঢ় নীল দ্রবণ)



(ii) $$2AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag_2O + 2NH_4NO_3 + H_2O$$

সিলভার নাইট্রেট   অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড   সিলভার অক্সাইড (বাদামী)



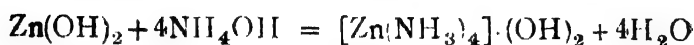
$$Ag_2O + 4NH_4OH = 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$

আর্জেন্টো-অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ



(iii) $$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

জিঙ্ক সালফেট   সাদা অধঃক্ষেপ



$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

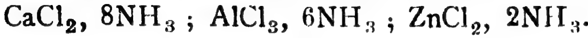
জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড   জিঙ্ক-অ্যামিন হাইড্রক্সাইড (বর্ণহীন দ্রবণ)

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহার নাম মারকিউরিক অ্যামিডো-ক্লোরাইড।



$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_3)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড ইত্যাদির সহিত অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ (addition compound) গঠন করে। যথা,



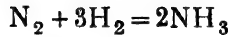
$CaCl_2, 8NH_3$; $AlCl_3, 6NH_3$; $ZnCl_2, 2NH_3$.

অ্যামোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতি

হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Haber's synthetic process)

জার্মান বিজ্ঞানী হেবার সর্বপ্রথম আমোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতির সাংশ্লেষিক পদ্ধতি আবিষ্কার করেন।

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ একটি উভয়মুখী এবং তাপ-উৎপাদক বিক্রিয়া।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

(i) সংশ্লেষণের জন্য আয়তন হিসাবে এক ভাগ নাইট্রোজেন ও তিন ভাগ হাইড্রোজেনের মিশ্রণ লওয়া হয়। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া আবশ্যক।

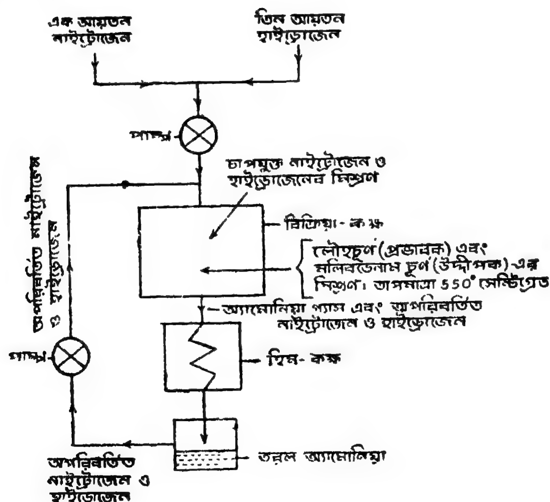
(ii) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণের উপর উচ্চ চাপ প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন অনেকাংশে ভাল হয়। হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ প্রয়োগ করা হয়।

(iii) বিক্রিয়ার তাপমাত্রা বেশী হইলে অ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদন কমিয়া যায়। তাপমাত্রা কমাইলে উহা বাড়ে কিন্তু বিক্রিয়াটি খুব ধীরে ধীরে চলে। এইজন্য বিক্রিয়াটি এরূপ তাপমাত্রায় ঘটান হয় যাহাতে অ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদন ভাল হয়, অথচ বিক্রিয়াটি মোটামুটি তাড়াতাড়ি চলে। এজন্য উপযোগী তাপমাত্রা (optimum temperature) হইতেছে 550°C। এই সঙ্গে অবশ্য বিক্রিয়ার গতি তাড়াতাড়ি করিবার জন্য প্রভাবক ব্যবহার করা হয়। হেবার পদ্ধতিতে লৌহচূর্ণ-প্রভাবকের সহিত মলিবডেনাম চূর্ণ উদ্দীপক-রূপে ব্যবহৃত হয়।

(iv) অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহাকে শীতল অবস্থায় চাপ দিয়া কিংবা জলে দ্রবীভূত করিয়া বিক্রিয়ার আওতা হইতে সরাইয়া ফেলা হয়।

এই বিশেষ ব্যবস্থাগুলি অবলম্বন করিলে লাভজনক পরিমাণে অ্যামোনিয়া পাওয়া সম্ভব।

এক-তিন আয়তনিক অনুপাতে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে পাম্পের সাহায্যে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সঙ্কুচিত করিয়া চাপযুক্ত মিশ্রণ বিক্রিয়া-কক্ষে (reaction chamber) পরিচালিত করা হয়। বিক্রিয়া-কক্ষটি ক্রোম-ভ্যানেডিয়াম স্টীলের তৈয়ারী। ইহার মধ্যে তাকের উপর আয়রনচূর্ণ প্রভাবক ও মলিবডেনামচূর্ণ উদ্দীপক-এর মিশ্রণ থাকে। প্রথমতঃ তড়িতের সাহায্যে এই মিশ্রণকে 550° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। পরে বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপ প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা বজায় রাখে। উত্তপ্ত প্রভাবকের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আংশিকভাবে অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। বিক্রিয়া-কক্ষ হইতে নির্গত গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে শতকরা 10-12 ভাগ অ্যামোনিয়া গ্যাস থাকে, অবশিষ্টাংশ হইল অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন। এই গ্যাস-মিশ্রণকে হিম-কক্ষে শীতল করিয়া সঙ্কুচিত করিলে অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হয় এবং একটি পাত্রে তরল অ্যামোনিয়া সঞ্চিত হয়।



চিত্র 26—হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি

কোন কোন ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ তৈয়ারী

করা হয়। অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে পুনরায় চাপ প্রয়োগে নূতন মিশ্রণের সঙ্গে বিক্রিয়া-কক্ষে পাঠান হয়। এইরূপে পদ্ধতিটি ধারাবাহিকভাবে চলে এবং অ্যামোনিয়ার উৎপাদন সন্তোষজনক হয়।

বর্তমানে এই পদ্ধতিতে তাপমাত্রা, চাপ ইত্যাদির কিছু কিছু তারতম্য করা হয়।

ক্লদ্ পদ্ধতিতে (Claude's process) গ্যাস মিশ্রণকে প্রায় 1000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 600° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিয়া বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়।

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ সাধারণতঃ নিম্নরূপে সংগ্রহ করা হয়।

(1) তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে নাইট্রোজেন এবং জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

(2) ওয়াটার গ্যাস (water gas—হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ) হইতে হাইড্রোজেন এবং প্রডিউসার গ্যাস (producer gas—নাইট্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ) হইতে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া ষ্টীম পরিচালিত করিলে ওয়াটার গ্যাস এবং বায়ু পরিচালিত করিলে প্রোডিউসার গ্যাস উৎপন্ন হয়।

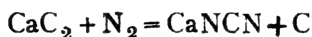
কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন পদ্ধতি

লোহার আবদ্ধ পাত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে কয়লাকে পাতিত করিয়া কোল গ্যাস (coal gas) তৈয়ারী করা হয়। এইরূপ পাতনকে **অন্তর্ধূম-পাতন** (destructive distillation) বলে। কোল গ্যাস তৈয়ারির জন্য কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনের সময় অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণের একটি জলীয় দ্রবণ (ammoniacal liquor) উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই দ্রবণের সহিত চুনগোলা (milk of lime) মিশাইয়া ষ্টীম প্রবাহিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করা হয়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম সালফেটের দ্রবণ হইতে উহার কেলাস তৈয়ারী করা হয়। কোন কোন সময়ে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে দ্রবীভূত করিয়া লাইকর অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করা হয়।

সায়ানামাইড পদ্ধতি (Cyanamide Process)

(1) চুন ও চূর্ণ কোকের (কার্বন) মিশ্রণকে 2500°–3000°C সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয়। $CaO+3C=CaC_2+CO$

(2) চূর্ণ ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে 1000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া উহার উপর দিয়া নাইট্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করিলে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড এবং কার্বন উৎপন্ন হয়।



$$CaC_2 + N_2 = CaNCN + C$$

ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বনের মিশ্রণকে **নাইট্রোলিম** (nitrolim) বলে। ইহা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

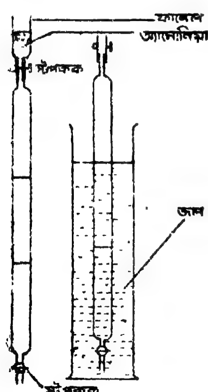
(3) চাপে অতিতপ্ত স্টীম দ্বারা ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে বিযোজিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।



$$CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি

শক্ত কাচের তৈয়ারী একটি নলের দুই প্রান্তে দুইটি স্টপকক যুক্ত আছে এবং এক প্রান্তে একটি ফানেল যুক্ত আছে। বাহির হইতে কাচ-নলটিকে তিনটি সমান ভাগে চিহ্নিত করা হয়। নলটিকে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস দিয়া সম্পূর্ণ ভর্তি করা হয় এবং ফানেলে গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড লওয়া হয়। স্টপকক খুলিয়া ফোঁটা ফোঁটা করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড কাচ-নলে ঢালা হয়। বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া এবং নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। উপযুক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়া মিশাইয়া সমস্ত ক্লোরিনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। অতঃপর ফানেল হইতে অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশান হয়, যেন সমস্ত অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। কাচ-নলে নাইট্রোজেন গ্যাস থাকে। কাচ-নলটি ঠাণ্ডা হইলে উহা একটি বড় পাত্রে জলের মধ্যে রাখিয়া নীচের স্টপককটি খুলিয়া দেওয়া হয়। কাচ-নলের মধ্যে জল প্রবেশ করে। কাচ-নলের ভিতরের ও বাহিরের জলতল সমান করিয়া গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা হয়। দেখা যায় যে নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন সম্পূর্ণ কাচ-নলটির এক-তৃতীয়াংশ মাত্র। সুতরাং অ্যামোনিয়া হইতে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় তাহা ক্লোরিনের আয়তনের তিন



চিত্র 27—অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি নির্ণয়

ভাগের এক ভাগ। আবার, কাচ-নলের সম্পূর্ণ ক্লোরিনের (তিন আয়তন) বিক্রিয়ার জন্য সমান আয়তনের (তিন আয়তন) হাইড্রোজেন প্রয়োজন এবং এই হাইড্রোজেন আসিয়াছে অ্যামোনিয়া হইতে। কাচ-নলে যে নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে (এক আয়তন) তাহাও ঐ অ্যামোনিয়া হইতে আসিয়াছে।

অতএব, এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

অ্যামোনিয়ার পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে উহার তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধের সাহায্যে চিনিতে পারা যায়।

(ii) জলে সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ অ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে ধরিলে নীল হইয়া যায়।

(iii) অ্যামোনিয়ার গ্যাসজারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত একটি কাচ-দণ্ড ধরিলে সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

(iv) মারকিউরিক নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত এক টুক্‌রা ফিল্‌টার কাগজ অ্যামোনিয়া গ্যাসে ধরিলে কালো হয়।

(v) নেস্‌লার দ্রবণের (Nessler's reagent) সাহায্যে পরীক্ষা—মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ মিশাইলে প্রথমে লাল মারকিউরিক আয়োডাইডের অধঃক্ষেপ আসে। আরও পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইলে লাল অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত কষ্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণ মিশাইয়া এই দ্রবণকে ক্ষারকীয় করা হয়। এই দ্রবণকে নেস্‌লার-দ্রবণ বলে।



$$HgCl_2 + 2KI = 2KCl + HgI_2$$

মারকিউরিক আয়োডাইড



$$HgI_2 + KI = KHgI_3$$

পটাসিয়াম মারকিউরিক-আয়োডাইড

নেস্‌লার দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ মিশাইলে বাদামী অধঃক্ষেপ পড়ে কিংবা দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়। এই পরীক্ষার সাহায্যে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার

(i) সোডিয়াম কার্বনেট (কাপড় কাচা সোডা), নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ইউরিয়ার শিল্প-প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণ অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

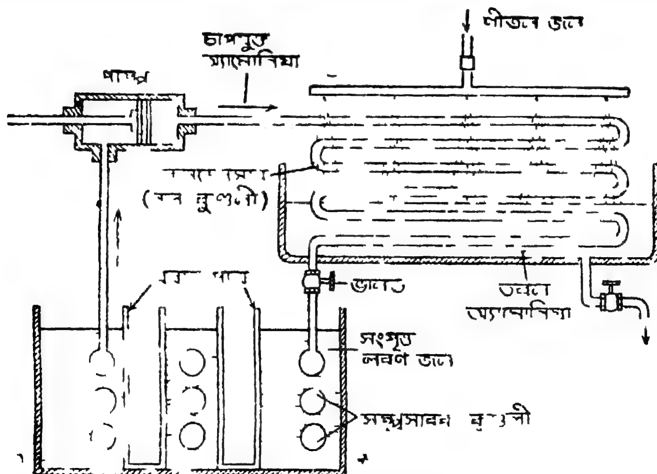
(ii) অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট ইত্যাদি লবণ প্রস্তুত করিতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

(iii) কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। যথা, স্মেলিং সল্ট (smelling salt)

(iv) ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবে ইহার যথেষ্ট ব্যবহার আছে।

(v) বরফ তৈয়ারির কারখানায় এবং অন্যান্য শীতলীকরণের কার্যে তরল অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। তরল অ্যামোনিয়া খুব উদ্বায়ী (স্ফুটনাঙ্ক—33·4°C)। তরল অ্যামোনিয়া বাষ্পায়িত হইবার সময় প্রচুর তাপ শোষিত হয়, যাহার ফলে পারিপার্শ্বিক পদার্থ অত্যন্ত শীতল হইয়া পড়ে। এক গ্রাম তরল অ্যামোনিয়ার বাষ্পায়নে প্রায় 322 ক্যালরি (calories) তাপ শোষিত হয়। এইরূপে শীতলতার সৃষ্টি করিয়া জলকে জমাইয়া বরফে পরিণত করা হয়।

বরফ তৈয়ারির পদ্ধতি—পাম্পের সাহায্যে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসকে চাপিয়া নলকুণ্ডলীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া শীতল করা হয়। নলকুণ্ডলী শীতল জল দ্বারা ঠাণ্ডা রাখা হয়। অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হয়। চাপের ফলে তরল অ্যামোনিয়ার তাপমাত্রা কিছুটা বৃদ্ধি পায় বলিয়া উহা এইরূপে ঠাণ্ডা করা হয়। তরল অ্যামোনিয়াকে অতঃপর একটি ভালভের মধ্য দিয়া সম্প্রসারক কুণ্ডলীর মধ্যে



চিত্র 28—বরফ তৈয়ারি

চালিত করা হয়। সম্প্রসারক কুণ্ডলী সংপৃক্ত লবণ-জলে ডুবান থাকে। এই লবণ-

জলে কয়েকটি জলপূর্ণ টিনের পাত্র (বরফ-পাত্র) রাখা হয়। তরল অ্যামোনিয়া সম্প্রসারক কুণ্ডলীর মধ্যে উচ্চ চাপ হইতে হঠাৎ নিম্ন চাপে ভাল্‌বের মধ্য দিয়া বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য লবণ-জল হইতে প্রচুর তাপ শোষণ করে। ফলে লবণ-জলের তাপমাত্রা শূন্য (0) ডিগ্রীর অনেক নীচে নামিয়া যায়। লবণ-জলে রক্ষিত জলপূর্ণ পাত্রের জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। বাষ্পীভূত অ্যামোনিয়াকে পুনরায় চাপ দিয়া তরলে পরিণত করা হয়। এইরূপে একই অ্যামোনিয়া বারংবার ব্যবহার করা যায়।

তোমরা যে সব হিমায়ক যন্ত্র বা রেফ্রিজারেটর (refrigerator) দেখ তাহার নির্মাণ-কৌশলও প্রায় এইরূপ। আজকাল অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে মিথাইল-ক্লোরাইড বা ফ্রিয়ন (freon) নামক পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

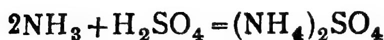
অ্যামোনিয়াম লবণ (Ammonium salts)

অ্যামোনিয়া ক্ষার জাতীয় পদার্থ; বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত ইহা যে সমস্ত লবণ গঠন করে তাহাদিগকে অ্যামোনিয়াম লবণ বলে। অ্যামোনিয়া ক্ষীণ (weak) ক্ষার হইলেও অ্যামোনিয়াম লবণগুলি স্থায়ী প্রকৃতির।

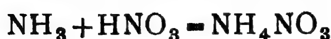
অ্যাসিড	অ্যামোনিয়াম লবণ
HCl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl
HNO_3	অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, NH_4NO_3
HNO_2	অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট, NH_4NO_2
H_2SO_4	অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$
H_2CO_3	অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, $(NH_4)_2CO_3$
H_3PO_4	অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট, $(NH_4)_3PO_4$

প্রস্তুতি—বিভিন্ন অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ার সাহায্যে সাধারণভাবে কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণ তৈয়ারী করা যায়। যথা, অ্যামোনিয়া গ্যাস লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট, নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

বাষ্পায়িত করিয়া শীতল করিলে দ্রবণ হইতে লবণগুলি কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়।



$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$



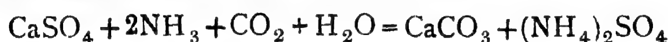
$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$



$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

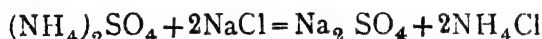
অন্যান্য পদ্ধতি

অ্যামোনিয়াম সালফেট (Ammonium sulphate)—জিপ্‌সাম একটি খনিজ পদার্থ, ইহা সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$, $2H_2O$)। চূর্ণ জিপ্‌সাম জলের মধ্যে প্রলম্বিত রাখিয়া তাহার মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হয়। বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট (দ্রবণে থাকে) এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ফিল্‌টার করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত অ্যামোনিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণ। দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেটের কেলাস সংগ্রহ করা হয়।



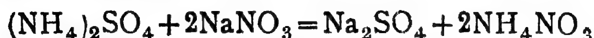
$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (Ammonium chloride or sal-ammoniac)—অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া সোডিয়াম সালফেট হইতে পৃথক হয়।



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

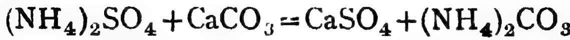
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (Ammonium nitrate)—অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে বিপরিবর্ত বিক্রিয়া ঘটে এবং সোডিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা কম বলিয়া উহা সোদক লবণরূপে (Na_2SO_4, $10H_2O$) উত্তপ্ত দ্রবণ হইতে পৃথক হয়। ফিলটার করিয়া ইহা পৃথক করিয়া পরিস্রুত শীতল করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

অ্যামোনিয়াম কার্বনেট (Ammonium carbonate or sal-volatile)—অ্যামোনিয়াম সালফেট ও চকের গুঁড়ার (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) মিশ্রণ উত্তপ্ত

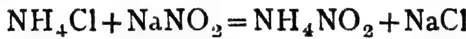
করিলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উৎক্ষেপরূপে জমা হয়। ইহার সহিত খুব সামান্য জল মিশাইয়া পুনরায় উর্ধ্বপাতিত করা হয়। এইরূপে প্রস্তুত করা বাজারের অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের সহিত অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম কার্বনেট নামের দুইটি পদার্থ মিশ্রিত থাকে।



$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3$$

ইহার সহিত অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণ মিশাইয়া নিম্ন তাপমাত্রায় উত্তমরূপে নাড়িলে বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম কার্বনেট কেলাস পাওয়া যায়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (Ammonium nitrite)—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণকে বায়ুশূন্য স্থানে বাষ্পীভূত করিয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট তৈয়ারী করা হয়। বায়ুশূন্য স্থানে উর্ধ্বপাতিত করিয়া ইহা পৃথক করা হয়।

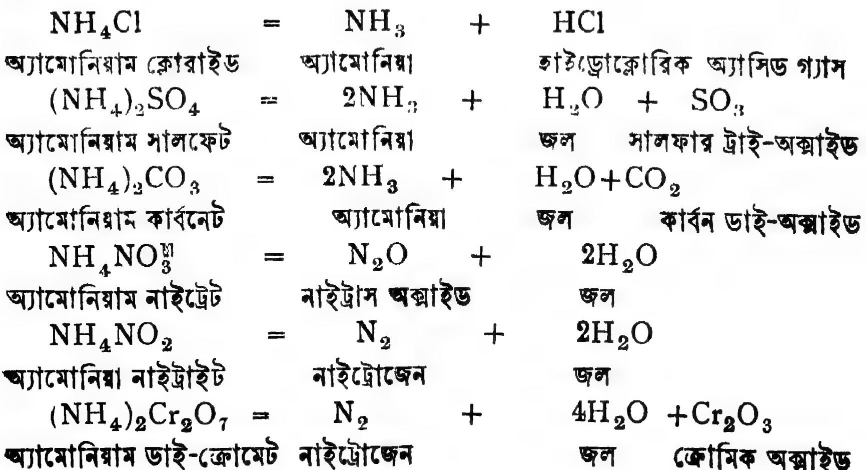


$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$

অ্যামোনিয়াম লবণের ধর্ম—

1. অ্যামোনিয়াম লবণগুলি সাদা বা বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, জলে দ্রাব্য।

2. **তাপের ক্রিয়া**—উত্তপ্ত করিলে সমস্ত অ্যামোনিয়াম লবণ বিযোজিত হয় এবং উহাদের মধ্যে কতকগুলি (ক্লোরাইড, সালফেট ইত্যাদি) প্রথমে উর্ধ্বপাতিত হয়। যথা,



$$NH_4Cl = NH_3 + HCl$$
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড — অ্যামোনিয়া — হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

$$(NH_4)_2SO_4 = 2NH_3 + H_2O + SO_3$$
অ্যামোনিয়াম সালফেট — অ্যামোনিয়া — জল — সালফার ট্রাই-অক্সাইড

$$(NH_4)_2CO_3 = 2NH_3 + H_2O + CO_2$$
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট — অ্যামোনিয়া — জল — কার্বন ডাই-অক্সাইড

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট — নাইট্রাস অক্সাইড — জল

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$
অ্যামোনিয়া নাইট্রাইট — নাইট্রোজেন — জল

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$$
অ্যামোনিয়াম ডাই-ক্রোমেট — নাইট্রোজেন — জল — ক্রোমিক অক্সাইড

3. **ক্ষার ও তাপের ক্রিয়া**—কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস, কলিচুন ইত্যাদি ক্ষারের সহিত অ্যামোনিয়াম লবণ উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণের জন্য 98 পৃষ্ঠা দেখ।

4. **নেস্‌লার দ্রবণের ক্রিয়া**—111 পৃষ্ঠা দেখ।

অ্যামোনিয়াম লবণের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) ক্ষারের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে 111 পৃষ্ঠার (i), (ii), (iii), (iv) নং পদ্ধতি অনুযায়ী সনাক্ত করা যায়।

(ii) নেস্‌লার দ্রবণের সাহায্যে, 111 পৃষ্ঠা দেখ।

অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার

(i) অ্যামোনিয়াম সালফেট জমির অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক সাররূপে ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য অ্যামোনিয়াম লবণ, যথা ক্লোরাইড, নাইট্রেট ইত্যাদির প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(ii) কোন কোন ব্যাটারিতে, ধাতব পাত্রে ঝালা দেওয়ার জন্য, রঞ্জন শিল্পে, দন্তালেপনে এবং রাসায়নিক বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

(iii) জমির সাররূপে, অ্যামোনাল (ammonal), অ্যামাটোল (amatol) ইত্যাদি বিস্ফোরক পদার্থ তৈয়ারী করিতে এবং ল্যাবরেটরীতে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ব্যবহৃত হয়।

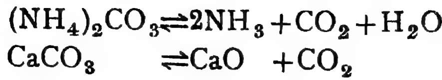
(iv) স্মেলিং সল্ট ও ঔষধরূপে, রঞ্জন শিল্পে, ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

তাপ-বিয়োজন (Thermal dissociation)—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। শীতল করিলে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পুনরায় যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উত্তাপের তারতম্যের জন্য বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible) হয়। এইরূপ বিক্রিয়াকে **তাপ-বিয়োজন** বলে।



$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

আরও কয়েকটি উদাহরণ—



$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$
$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

তাপ-প্রয়োগের ফলে কতকগুলি পদার্থ ভাঙ্গিয়া একাধিক বিভিন্ন পদার্থে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন পদার্থগুলি মূল পদার্থের সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে। শীতল করিলে উৎপন্ন পদার্থগুলি আবার যুক্ত হইয়া মূল পদার্থে পরিণত হয়। এইরূপ বিক্রিয়াকে তাপ-বিয়োজন বলে।

অনুশীলনী 5

1. ল্যাবরেটরীতে কিরূপে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয়? কিরূপে ইহা শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয়?

1. How is ammonia gas prepared in the laboratory? How is the gas dried and collected?

[*H.S. Exam. 1960, '62, '65 Comp. '69 (Comp.) '70*]

2. অ্যামোনিয়ার ধর্ম এবং ব্যবহার বিবৃত কর।

2. State the properties and uses of ammonia.

[*H. S. Exam., 1960, '65*]

3. কি কি শর্তে উপাদান-মৌল হইতে অ্যামোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতি করা হয়? (এই শর্তগুলির কারণ বর্ণনার প্রয়োজন নাই)।

3. What are the conditions in which ammonia may be manufactured from its elements? (Reasons for these conditions are not required.) [*H. S. Exam. 1963, '66*]

4. পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া দেখাও যে,

(a) অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

(b) অতিরিক্ত অক্সিজেনের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে দহন করা যায়।

(c) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত অ্যামোনিয়া একটি কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে।

(d) উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য।

(e) অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আছে।

4. Describe experiments to show that ammonia
   (a) is highly soluble in water and the solution is alkaline,
   [*H. S. Exam.*, *1963*, '*55*, '*69* (*Comp.*)]
   (b) may be burnt in excess of oxygen,
   [*H. S. Exam.*, *1962*, '*63*, '*65* (*Comp.*)]
   (c) forms a solid with hydrogen chloride,
   (d) is a reducing agent at high temperature,
   (e) contains nitrogen and hydrogen.

5. (a) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন এবং (b) নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া কিরূপে পাইবে ?

5. How could you obtain (a) nitrogen from ammonia, and (b) ammonia from nitrogen ?

6. বরফ তৈয়ারির কারখানায় এবং রেফ্রিজারেটরে অ্যামোনিয়ার ব্যবহারের নীতি ব্যখ্যা কর ।

6. Explain the principle involved in the use of ammonia in ice-making machinery and in refrigerator.

7. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাহায্যে অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা হয় না কেন ব্যাখ্যা কর ।

7. Explain why ammonia is not dried by conc. sulphuric acid or phosphorus pentoxide or calcium chloride.

8. কি অবস্থায় অ্যামোনিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করে এবং কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? (a) ক্লোরিন, (b) সোডিয়াম, (c) কিউপ্রিক অক্সাইড, (b) কার্বন ডাই-অক্সাইড, (e) অক্সিজেন, (f) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ।

8. What products are formed and under what conditions does ammonia react with (a) chlorine, (b) sodium, (c) cupric oxide, (d) carbon dioxide, (e) oxygen, (f) calcium chloride.
[*H. S. 1970*]

9. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জলীয় দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর ।

(a) ফেরিক ক্লোরাইড, (b) কপার সালফেট, (c) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (d) জিংক সালফেট, (e) মারকিউরিক ক্লোরাইড ।

9. Describe, with equations, what happens when ammonium hydroxide is added to the aqueous solution of each of the following substances—

(a) Ferric chloride, (b) Copper sulphate, (c) Aluminium chloride, (d) Zinc sulphate, (e) Mercuric chloride.

10. অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতিটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

10. Describe briefly Haber's synthetic process for the manufacture of ammonia.

11. অ্যামোনিয়াম লবণ কাহাকে বলে? তিনটি প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম লবণের নাম ও সঙ্কেত লিখ এবং উহাদের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়াম লবণ কিরূপে সনাক্ত করা হয়?

11. What are ammonium salts? Give the names, formulae and describe the preparation, properties and uses of three important ammonium salts. How are ammonium salts detected?

12. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(a) নাইট্রোলিম, (b) তাপ-বিয়োজন।

12. Write short notes on :—

(a) Nitrolim, (b) Thermal dissociation.

13. কিউপ্র্যামোনিয়াম সালফেটে NH_3-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। ইহার সঙ্কেত, $[Cu(NH_3)_4]SO_4$

13. Calculate the percentage of NH_3 in cuprammonium sulphate, $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. [Ans. 29·89%]

14. 1·0 গ্রাম কোন যৌগে 0·262 গ্রাম নাইট্রোজেন, 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 0·663 গ্রাম ক্লোরিন আছে। যৌগটির সরল সঙ্কেত নির্ণয় কর।

14. 1·0 g. of a compound contains 0·262 g. of nitrogen, 0·075 g. of hydrogen and 0·663 g. of chlorine. Find the simplest formula. [Ans. NH_4Cl]

Calculate the quantity of the above compound from which you can prepare 3·4 g. of ammonia. [Ans. 10·7 g.]

15. একটি বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থের শতকরা সংযুক্তি নিম্নরূপ :

সালফার 24·24%, নাইট্রোজেন 21·21%, হাইড্রোজেন 6·06%, অবশিষ্ট অক্সিজেন।

যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত ও স্থূল সঙ্কেত একই এবং যৌগটি সালফেট লবণ হইলে উহার নাম বল। গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত ইহাকে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে ? সমীকরণ লিখ।

15. A colourless crystalline compound has the following percentage compositions :

Sulphur 24·24 per cent, nitrogen 21·21 per cent, hydrogen 6·06 per cent, the rest is oxygen.

Determine the empirical formula of the compound. Give the name of the compound if the molecular formula be the same as the empirical formula and if it is found to be sulphate.

What will happen if the compound is heated wlth conc. solution of sodium hydroxide ? Give equation. [*H. S. Exam., 1961*]

[Ans. $N_2H_8SO_4$; অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$]

16. অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের উপর তাপজনিত প্রভাব বর্ণনা কর।

16. Describe the effect of heat on ammonium chloride and ammonium nitrate. [*H. S. 1971*]

———

অধ্যায় 6

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড

(Nitric Acid and Oxides of Nitrogen)

অ্যালকেমি-যুগের রাসায়নিকগণ নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার জানিতেন। অধিকাংশ ধাতু ইহাতে দ্রবীভূত হইয়া যায়, অধাতুগুলি পুড়িয়া যায় এবং বিক্রিয়াগুলিতে প্রচুর ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়, ইহা সেকালের রাসায়নিকেরা লক্ষ্য করিয়াছিলেন। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডকে তাঁহারা বলিতেন "অ্যাকোয়া-ফর্টিস" (Aqua fortis) বা "শক্তিশালী জল"।

মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে স্বল্প পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প থাকে। বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়া যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা অক্সিজেন ও জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রধানতঃ যুক্ত অবস্থায় ভূ-ত্বকে নাইট্রেট লবণরূপে থাকে। ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম নাইট্রেট ও পটাসিয়াম নাইট্রেট অধিক মাত্রায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং ইহারা গুরুত্বপূর্ণ যৌগিক পদার্থ।

সোডিয়াম নাইট্রেট—চিলির সমুদ্র-উপকূলে যে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায় তাহার খনিজের নাম **চিলি-সল্টপিটার** (Chile salt-petre) বা **চিলির সোরা**। ইহাতে শতকরা প্রায় 65 ভাগ সোডিয়াম নাইট্রেট থাকে। জল হইতে আংশিক কেলাসন পদ্ধতির সাহায্যে বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট (প্রায় 95-96%) প্রস্তুত করা হয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেট—নাইটার (সোরা) বা সল্টপিটার নামে পরিচিত। ভারতবর্ষ, সিংহল প্রভৃতি গ্রীষ্মপ্রধান দেশের জমিতে ইহা আছে। নাইট্রোজেনঘটিত যৌগিক পদার্থ হইতে জমিতে অবস্থিত জীবাণুর ক্রিয়ায় ইহার উৎপত্তি হয়।

সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলি-সল্টপিটার) ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার বর্তমানে পটাসিয়াম নাইট্রেট তৈয়ারী করা হয়।



$$NaNO_3 + KCl = KNO_3 + NaCl$$

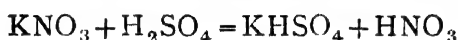
সোডিয়াম নাইট্রেটের সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণের সহিত পরিমাণ মত পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া মিশ্র দ্রবণটি তাপ প্রয়োগে গাঢ় করা হয়। যথোপযুক্ত

গাঢ় হইলে দ্রবণ হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস পৃথক হইয়া পড়ে। কারণ, উত্তপ্ত দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড অন্য লবণগুলি অপেক্ষা কম দ্রাব্য। ফিলটার করিয়া পরিস্রুত শীতল করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পৃথক হয়। পটাসিয়াম নাইট্রেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করিয়া পুনঃকেলাসনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করা হয়।

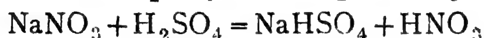
নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

নাইট্রেট লবণ হইতে—কোন ধাতব নাইট্রেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্বায়ী। এইজন্য অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ধাতব নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে নির্গত হয়। বাষ্প ঠাণ্ডা করিলে তরল নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

পরীক্ষা 6.1. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া (প্রায় 200° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত) ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

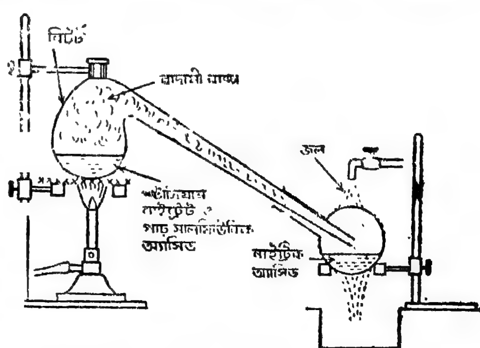


$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$



$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

একটি কাচের রিটর্টে পরিমাণমত পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লও। রিটর্টটি তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও। রিটর্টের লম্বা গলা একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করাও। গোলতল ফ্লাস্কটি গ্রাহকের কাজ করে। জলের ধারায় (কিংবা ভিজা ন্যাকড়া দিয়া) গ্রাহক-ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা কর। রিটর্টটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম



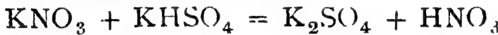
চিত্র 29—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্বায়ী বলিয়া উহা বাষ্পাকারে বাহির হইতে থাকে। বাষ্পের বর্ণ বাদামী। শীতল গ্রাহক-ফ্লাস্কের মধ্যে আসিয়া

বাষ্প ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে ঘনীভূত হয়। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট রিটর্টে অবশিষ্ট থাকে।

এইরূপে প্রস্তুত করা নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। পাতনের সময়ে নাইট্রিক অ্যাসিড সামান্য বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহার জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডের রঙ হলুদ হয়। এই অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে জল অপসারিত হইয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (শতকরা 98 ভাগ) উৎপন্ন হয়। গরম অবস্থায় এই গাঢ় অ্যাসিডের মধ্যে বুদবুদের আকারে শুষ্ক বায়ু পরিচালিত করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড অপসারিত হয় এবং অ্যাসিড বর্ণহীন হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে মিশ্রণকে প্রায় 200° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। আরও উচ্চ তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট এবং পটাসিয়াম নাইট্রেটের মধ্যে আবার বিক্রিয়া ঘটে। ইহাতে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড এবং পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$$

কিন্তু ল্যাবরেটরীর প্রস্তুতিতে এই বিক্রিয়াটি ঘটান হয় না ; কারণ—

(1) উচ্চ তাপমাত্রায় অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়।



$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

(2) উৎপন্ন পটাসিয়াম সালফেট যদি কঠিন হইয়া যায়, তবে রিটর্ট হইতে বাহির করা শক্ত হইয়া পড়ে। কিন্তু প্রথম বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গলিত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট সহজেই বাহির করা যায়।

(3) উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প কাচের রিটর্টকে ক্ষয় করে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম—

ভৌত ধর্ম—(i) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল এবং উদ্বায়ী পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·52। বায়ুতে খোলা রাখিলে ইহা ধূমায়িত হইতে থাকে।

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 86°C এবং হিমাঙ্ক—42°C।

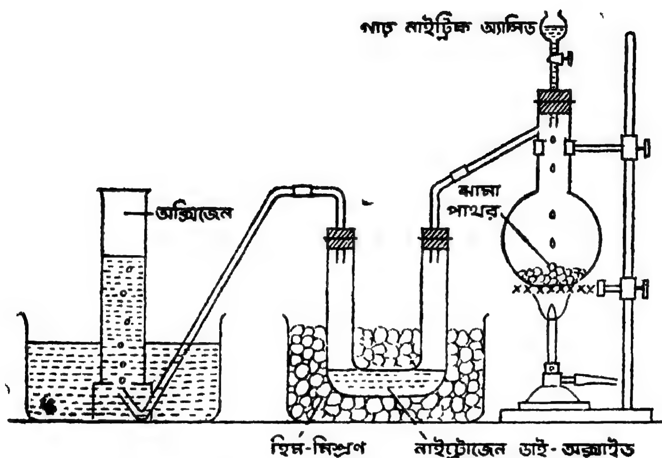
(iii) নাইট্রিক অ্যাসিড জলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : 1. তাপের প্রভাব—উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন এবং জল উৎপন্ন করে।



$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা 6.2. একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণ নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া একটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। U-নলটি হিম-মিশ্রণে বসান আছে। এখানে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গাঢ় বাদামী বর্ণের তরলে পরিণত হয়। U-নলের



চিত্র 30—তাপে নাইট্রিক আসিডেব বিযোজন

অপর মুখ দিয়া অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া গ্যাসজারের জল অপসারিত করিয়া উহার মধ্যে সঞ্চিত হয়। এই গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে।

2. **অ্যাসিড ধর্ম**—নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র এক-ক্ষারিক (monobasic) অ্যাসিড। ইহাতে অ্যাসিডের সব ধর্ম দেখা যায়।

(i) নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে।

(ii) ক্ষারকের সহিত ইহা লবণ ও জল উৎপন্ন করে।



ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$$

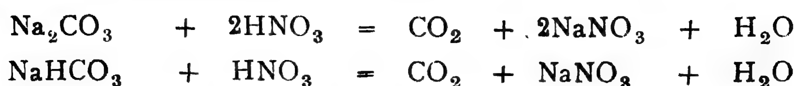
কস্টিক পটাস নাইট্রিক অ্যাসিড পটাসিয়াম নাইট্রেট জল



$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

কিউপ্রিক অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড কিউপ্রিক নাইট্রেট জল

(iii) কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ হইতে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত করে।



$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 = CO_2 + 2NaNO_3 + H_2O$$
$$NaHCO_3 + HNO_3 = CO_2 + NaNO_3 + H_2O$$

(iv) সচরাচর লঘু অ্যাসিডের সহিত কয়েকটি ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং ধাতব লবণ উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-ধর্মের জন্য সাধারণতঃ ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না। ম্যাগনেসিয়াম ধাতু খুব লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে।



$$Mg + 2HNO_3 = H_2 + Mg(NO_3)_2$$ (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট)

জারণ ধর্ম—নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। ইহা বহু অধাতু, ধাতু ও যৌগিক পদার্থকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অধাতুর জারণ—উত্তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।



$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$



$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা 6.3. একটি টেস্ট-টিউবে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে একটি জ্বলন্ত অঙ্গার ফেলিয়া দাও। অঙ্গারটি তীব্র শিখায় জ্বলিয়া উঠে।

পরীক্ষা 6.4. একটি বেসিনে খানিকটা কাঠের গুঁড়া লইয়া বালি-খোলায় (sand-bath) তীব্র উত্তপ্ত করিয়া উহার উপর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। দেখ, কাঠের গুঁড়া স্ফুলিঙ্গ সহ জ্বলিয়া উঠে।

পরীক্ষা 6.5. একটি টেস্ট-টিউবে খানিকটা গন্ধকচূর্ণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত কর। বাদামী ধোঁয়া বাহির হওয়া বন্ধ হইলে ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে পাতিত জল মিশাইয়া ফিলটার কর। পরিস্রুতে কয়েক ফোঁটা বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইয়া দেখ, সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই সাদা অধঃক্ষেপ দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

উত্তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফস্‌ফরাসকে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে এবং আয়োডিনকে আয়োডিক অ্যাসিডে জারিত করে।



$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড



$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

আয়োডিক অ্যাসিড

উপরের বিক্রিয়াগুলির যে সমীকরণ লেখা হইয়াছে তাহা নিম্নরূপে আংশিক সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। সালফারের সহিত বিক্রিয়াটি উদাহরণ-স্বরূপ লওয়া হইয়াছে।



$$2HNO_3 = 2NO_2 + H_2O + O$$



বা, $6HNO_3 = 6NO_2 + 3H_2O + 3,O$ ····(1)

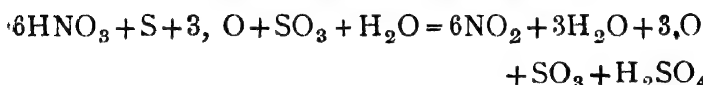


$S+3,O = SO_3$ ········ ············(2)

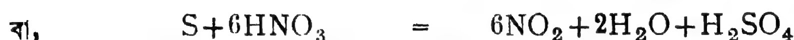


$SO_3+H_2O = H_2SO_4$ ········ ············(3)

(1), (2), (3) আংশিক সমীকরণগুলি যোগ করিয়া,



$$6HNO_3+S+3,O+SO_3+H_2O=6NO_2+3H_2O+3,O+SO_3+H_2SO_4$$



বা, $S+6HNO_3 = 6NO_2+2H_2O+H_2SO_4$

সালফার এখানে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হইয়াছে। উহা জলের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করিয়াছে

ধাতুর জারণ—অধিকাংশ ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুর নাইট্রেটে জারিত হয়। এই সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। কোন্ পদার্থটি উৎপন্ন হইবে তাহা প্রধানতঃ নির্ভর করে অ্যাসিডের গাঢ়তা, বিক্রিয়ার তাপমাত্রা এবং ধাতুর (বিজারক দ্রব্য) প্রকৃতির উপর। সাধারণভাবে দেখা যায় যে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং লঘু অ্যাসিডে (1 : 1) নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতি লঘু অ্যাসিডে কয়েকটির ধাতুর (জিঙ্ক, আয়রন ইত্যাদি) সহিত অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত কয়েকটি ধাতুর বিক্রিয়ার শর্ত ও সমীকরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

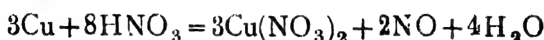
কপারের সহিত

(1) গাঢ় ও উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে সবুজ বর্ণের কিউপ্রিক নাইট্রেটের দ্রবণ এবং বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

(2) শীতল ও লঘু (1 : 1) অ্যাসিডে সবুজ কিউপ্রিক নাইট্রেট দ্রবণ ও নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

(3) শীতল ও অতি লঘু অ্যাসিডে কিউপ্রিক নাইট্রেট ও নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$4Cu+10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$$

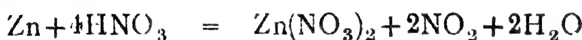
(4) উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালিত করিলে কঠিন কিউপ্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$5Cu+2HNO_3 = 5CuO+N_2+H_2O$$

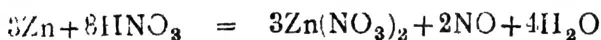
জিঙ্কের সহিত

(1) উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিডে জিঙ্ক নাইট্রেট দ্রবণ এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Zn+4HNO_3 = Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

(2) শীতল ও লঘু অ্যাসিডে (1 : 1) জিঙ্ক নাইট্রেট এবং নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

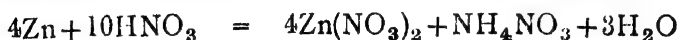


$$3Zn+8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

(3) শীতল ও অতি লঘু অ্যাসিডে জিঙ্ক নাইট্রেট এবং নাইট্রাস অক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।



$$4Zn+10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O$$



$$4Zn+10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

আয়রনের সহিত

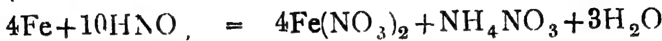
(1) অতি গাঢ় এবং ধূমায়মান অ্যাসিডে লোহা দ্রবীভূত হয় না। ইহা নিষ্ক্রিয় লোহায় (passive iron) পরিণত হয়। লোহার রাসায়নিক ধর্ম সাময়িকভাবে লোপ পায়।

(2) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে ফেরিক নাইট্রেট এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3NO_2+3H_2O$$

(3) শীতল ও লঘু অ্যাসিডে ফেরাস নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।



$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

ম্যাগনেসিয়ামের সহিত

(1) লঘু (1 : 1) ও শীতল অ্যাসিডে ম্যাগনেসিযাম নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$3Mg+8HNO_3=3Mg(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

(2) অতি লঘু (প্রায় 1%) ও শীতল অ্যাসিডে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

গোল্ড, প্লাটিনাম, ইরিডিয়াম ইত্যাদি কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। যে কযটি ধাতুর বিক্রিয়া উল্লেখ করা হইয়াছে তাহা ব্যতীত আরও কয়েকটি সম্পর্কে পরে জানিবে।

যৌগিক পদার্থের জারণ—অনেক যৌগিক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়।

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ফেরিক সালফেটে জারিত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

ফেরাস সালফেটের অপরা-তড়িৎবাহী SO_4 মূলকের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়াছে কিংবা Fe-এর পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পাইয়া 2 হইতে 3 হইযাছে। সুতরাং ফেরাস সালফেট জারিত হইয়াছে।

সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরাস অ্যাসিড (বা দ্রাব্য) সালফাইট লবণ ইত্যাদিকে ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড (বা সালফেট লবণে) জারিত করে।



$$SO_2+2HNO_3=H_2SO_4+2NO_2$$



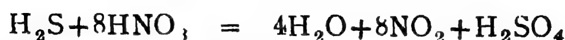
$$Na_2SO_3+2HNO_3=Na_2SO_4+2NO_2+H_2O$$

সোডিয়াম সালফাইট সোডিযাম সালফেট

শীতল ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে কিছু সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।



$$H_2S+2HNO_3 = 2H_2O+2NO_2+S$$



$$H_2S+8HNO_3 = 4H_2O+8NO_2+H_2SO_4$$

ইহা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে এবং নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়।



$$3HCl+HNO_3 = Cl_2+NOCl+2H_2O$$

এক আয়তন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড এবং তিন আয়তন গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে **অম্লরাজ** (aqua regia) বলে। ইহা গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি ধাতু দ্রবীভূত করিতে পারে। দুই অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জায়মান ক্লোরিন উৎপন্ন হইয়া এই ধাতুর দ্রাব্য ক্লোরাইড গঠন করে।

অনেক জৈব যৌগিক পদার্থকে নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে। তারপিন তৈল, কাঠের গুঁড়া, চিনি ইত্যাদি নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠিয়া জারিত হয়।

4. **নাইট্রো-মূলক সংযোজনা** বা **নাইট্রেশন**—নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে কোন কোন জৈব পদার্থে নাইট্রোমূলক সংযোজনা করা হয়। উৎপন্ন যৌগকে নাইট্রো-যৌগ (nitro-compounds) এবং পদ্ধতিটিকে নাইট্রেশন (nitration) বলে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সাহায্যে ইহা সম্পন্ন করা হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন জল শোষণ করে।

বেনজিনকে (1 ভাগ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (2 ভাগ) এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের (3 ভাগ) মিশ্রণ দ্বারা উত্তপ্ত করিলে (55°C) নাইট্রোবেনজিন নামক একটি তৈলাক্ত পদার্থ উৎপন্ন হয়।



$$C_6H_6+HNO_3 = C_6H_5NO_2+H_2O$$

বেনজিন নাইট্রো-বেনজিন

টলুয়িনকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রেশন করিয়া ট্রাই-নাইট্রো টলুয়িন নামের একটি কঠিন পদার্থ

(গলনাঙ্ক 807°C) তৈয়ারী করা হয়। ইহার সংক্ষিপ্ত নাম টি. এন. টি. (T.N.T. ; Tri-Nitro Tolueue)। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সহিত মিশাইয়া ইহা হইতে অ্যামাটল (Amatol) নামক শক্তিশালী বিস্ফোরক তৈয়ারী করা হয়।

5. **এস্টার জাতীয় যৌগ উৎপাদন**—গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ঠাণ্ডা মিশ্রণে (22°C-এর নিম্নে) অল্প অল্প করিয়া গ্লিসারিন মিশাইলে একটি তৈলাক্ত পদার্থ উপরে ভাসিয়া উঠে। ইহা গ্লিসারিন ট্রাই-নাইট্রেট, সাধারণ নাম **নাইট্রো-গ্লিসারিন** (nitro-glycerine)। ইহা একটি শক্তিশালী বিস্ফোরক। সুইডিশ বিজ্ঞানী আল্‌ফ্রেড নোবেল (Alfred Nobel) কিসেলগার (Kieselguhr) নামক এক প্রকার মৃত্তিকার সহিত নাইট্রো-গ্লিসারিন মিশাইয়া ডিনামাইট (dynamite) প্রস্তুত করেন। ডিনামাইটের প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সাহায্যে বড় বড় পাহাড়-পর্বত ভাঙ্গিয়া পথ তৈয়ারী করা এবং খনিজ পাথর সংগ্রহ করা সম্ভব হইয়াছে।

নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আছে :

(1) একটি টেস্ট-টিউবে খানিকটা পাতিত জল লইয়া এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম মিশাও। কোন গ্যাস নির্গত হয় না। টেস্ট-টিউবে কয়েক ফোঁটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাও। দেখ, গ্যাসের বুদ্‌বুদ বাহির হইতেছে। এই গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলে। সুতরাং নির্গত গ্যাস হাইড্রোজেন।

6.2 নং পরীক্ষা দেখ। ফ্লাস্ক হইতে যে গ্যাসমিশ্রণ নির্গত হয় তাহাকে প্রথমে শীতল জলে ডুবানো একটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে যে তরল সঞ্চিত হয় তাহা জল, কারণ ইহা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করে। জলে হাইড্রোজেন আছে, এই জল নাইট্রিক অ্যাসিডের বিযোজনে উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন আছে।

(2) 6.2 নং পরীক্ষা দেখ। হিম-মিশ্রণে বসানো U-নলে যে হলুদ বর্ণের তরল সঞ্চিত হয় তাহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড। এই U-নলটি গরম জলে বসাইলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করাইয়া নির্গত গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা যায়। ইহা নিষ্ক্রিয়-গ্যাস, জ্বলন্ত শলাকা নিভাইয়া দেয় এবং উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের সহিত ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন করে। সুতরাং ইহা নাইট্রোজেন।

উত্তপ্ত কপারের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্পের বিক্রিয়া দেখ, পৃষ্ঠা 127। ইহাও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

(3) 6.2 নং পরীক্ষা দেখ। জলের উপর সংগৃহীত গ্যাস অক্সিজেন। কারণ, ইহা শিখাহীন জলন্ত শিখা দপ্ করিয়া জ্বালাইয়া দেয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি :

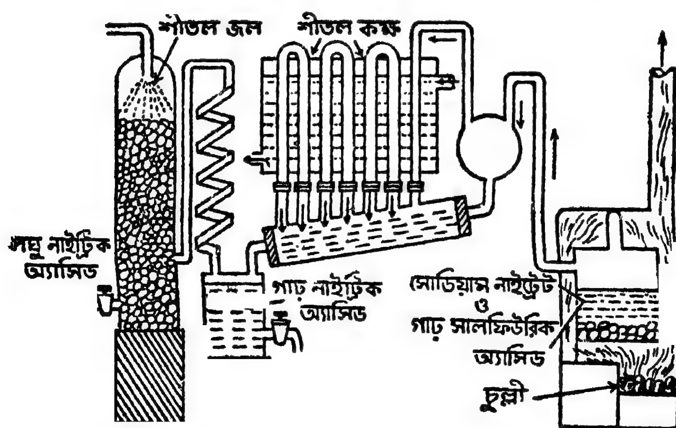
নাইট্রেট লবণের পাতন দ্বারা—চিলি সল্ট-পিটারকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিয়া শিল্পের জন্য নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। এইজন্য চিলি সল্টপিটার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সমীকরণে প্রদর্শিত ওজনের অনুপাতে লওয়া হয় যাহাতে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঘটে।



$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

$3 \times 85 \quad\quad 2 \times 98$

একটি লোহার ট্যাঙ্কে চিলি সল্টপিটার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া ট্যাঙ্কটিকে একটি ইষ্টক-নির্মিত প্রকোষ্ঠে রাখা হয়। নীচের চুল্লী হইতে উত্তপ্ত গ্যাস ট্যাঙ্কের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে 200°—250°C পর্যন্ত সমভাবে উত্তপ্ত করে। বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে থাকে বলিয়া লোহার ট্যাঙ্ক ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না। ট্যাঙ্কের উপরের নির্গম-দ্বার দিয়া নাইট্রিক



চিত্র 31—পাতন পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি

অ্যাসিডের বাষ্প বাহির হইয়া আসে এবং শীতল কক্ষে চীনামাটির তৈয়ারী কতকগুলি শীতক-নলে প্রবেশ করে। শীতক-নলগুলি শীতল জলে ডুবানো থাকে। এখানে

বাষ্প শীতল হইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে ঘনীভূত হয়। এই গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড শীতল কক্ষের নীচের পাত্রে সঞ্চিত হয়। যে বাষ্প ঘনীভূত হয় না তাহা অতঃপর একটি স্তম্ভের নীচে প্রবেশ করে। স্তম্ভটিতে পাথরকুচি ভরা থাকে এবং স্তম্ভের উপর হইতে পাথরকুচির মধ্য দিয়া শীতল জলের ধারা পড়িতে থাকে। স্তম্ভের মধ্য দিয়া বাষ্প উপরে উঠিবার সময়ে উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই বাষ্পের অধিকাংশই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, যাহা পাতনের সময়ে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিযোজনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

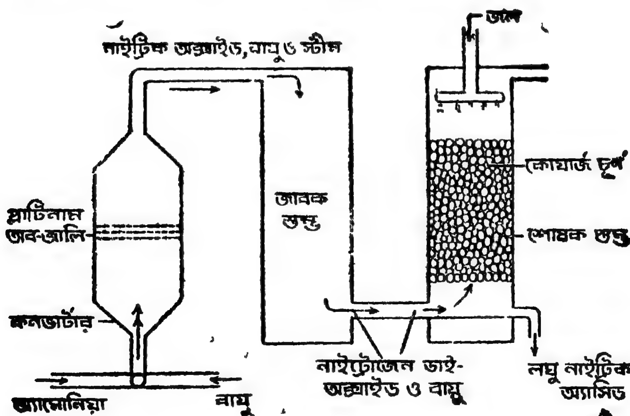
অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারাঃ অস্‌ওয়াল্ডের পদ্ধতি (Ostwald process)—এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের সংস্পর্শে বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত করা হয়।



$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

এই বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক এবং ইহাতে শতকরা 90 ভাগ অ্যামোনিয়া জারিত হয়। এই পদ্ধতির জন্য হেবারের অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়।

এক আয়তন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া এবং আট আয়তন ধূলিমুক্ত ও শুষ্ক বায়ুর মিশ্রণ একটি অ্যালুমিনিয়াম-নির্মিত কন্‌ভার্টারে রক্ষিত উত্তপ্ত প্লাটিনাম তার-জালির মধ্য দিয়া অত্যন্ত দ্রুতগতিতে প্রবাহিত করান হয়। প্রথমে তারজালিটি তড়িতের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া 750°—900° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। বিক্রিয়াটিতে

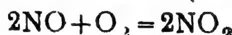


চিত্র 32—অস্‌ওয়াল্ডের পদ্ধতি

তাপ উৎপন্ন হয় বলিয়া বিক্রিয়ার তাপই পরে ঐ তাপমাত্রা বজায় রাখে। তখন আ

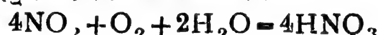
তড়িতের সাহায্যে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয় না। উত্তপ্ত প্লাটিনামের সংস্পর্শে অ্যামোনিয়া বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই সঙ্গে স্টীমও উৎপন্ন হয়। গ্যাস মিশ্রণটি প্লাটিনাম তার-জালির মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত হইলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া প্রধানত নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

কন্‌ভার্টার হইতে নির্গত নাইট্রিক অক্সাইড, বায়ু ও স্টীমের মিশ্রণ (ইহাতে খুব সামান্য পরিমাণ নাইট্রোজেন থাকে) পাইপের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ঠাণ্ডা হয় (প্রায় 50°C)। অতঃপর এই মিশ্রণকে একটি শূন্য কক্ষে পাঠানো হয়। এই স্তম্ভটিকে জারক-স্তম্ভ (oxidising tower) বলে। এখানে নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।



$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

অতঃপর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং উহার সহিত মিশ্রিত অপরিবর্তিত বায়ুকে পর পর কয়েকটি স্তম্ভের মধ্য (শোষক-স্তম্ভ) দিয়া চালিত করা হয়। এই স্তম্ভগুলি কোয়ার্জ-পাথরের টুকরা দিয়া ভরা থাকে এবং উহার উপর হইতে জলের ধারা পড়িতে থাকে। বায়ুর অক্সিজেনের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



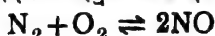
$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

স্তম্ভের নীচে নাইট্রিক অ্যাসিড (প্রায় 50 শতাংশ) সঞ্চিত হয়।

এই পদ্ধতিটি সহজে ও স্বল্প ব্যয়ে সম্পন্ন করা সম্ভব বলিয়া বর্তমানে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতির সাহায্যে শিল্পের নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। বর্তমানে এই পদ্ধতিতে 7-8 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং প্লাটিনাম-রোডিয়াম প্রভাবক ব্যবহার করা হয়। ইহাতে অ্যামোনিয়ার জারণ আরও বেশী হয় (শতকরা 93 ভাগ) এবং প্রায় 63 শতাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি (Birkeland and Eyde process): বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

প্রায় 3500° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রাসম্পন্ন তড়িৎ-শিখার মধ্য দিয়া বায়ু প্রবাহিত করান হয়। এইরূপ তড়িৎ-শিখাকে ইলেকট্রিক আর্ক (electric arc) বলে। বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

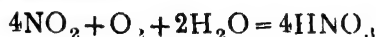


$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণকে খুব তাড়াতাড়ি প্রায় 1000° সেন্টিগ্রেডে শীতল করা হয়।

এই গ্যাসমিশ্রণ অতঃপর একটি স্তম্ভে (জারক-স্তম্ভে) প্রবেশ করিয়া আরও শীতল হয়। নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণকে অতঃপর শোষক-স্তম্ভে জলে শোষিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$$

এই পদ্ধতিতে সহজলভ্য বায়ু ও জলের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা যায়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর তড়িৎশক্তির প্রয়োজন এবং ব্যয় খুব বেশী। অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতির আবিষ্কারের পর এই পদ্ধতি বর্তমানে বিশেষ প্রচলিত নাই।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড—লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডকে পাতিত করিয়া 68% নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। ইহা বাজারের গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·414। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া ইহাকে পাতিত করিলে 98% গাঢ় অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ধূমায়মান বা ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid)—গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ইহার মধ্যে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_2, N_2O_4) মিশ্রিত থাকে। এইজন্য অ্যাসিডের বর্ণ বাদামী হয়। কিছুটা নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া অক্সাইডগুলি উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিড হইতে ধূম নির্গত হয় এবং ইহার জারণ-শক্তি খুব বেশী।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার:

(i) নাইট্রো-গ্লিসারিন, T. N. T., পিক্‌রিক অ্যাসিড, গান-কটন (gun cotton) ইত্যাদি বিস্ফোরক পদার্থ তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ধাতব নাইট্রেট প্রস্তুতিতে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) সেলুলয়েড, কলোডিয়ন, সেলোফেন, রেয়ন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন।

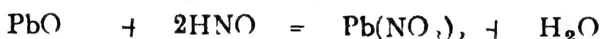
(iv) ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষার কার্যে বিকারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রেট লবণ (Nitrates)

নাইট্রিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণুটি ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারী মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে সমস্ত লবণ উৎপন্ন হয় তাহাদিগকে **নাইট্রেট** বলে।

প্রস্তুতি—(1) ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া নাইট্রেট লবণ প্রস্তুত করা যায়। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে ইহা দেখিয়াছ।

(2) ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়াও নাইট্রেট লবণ তৈয়ারী করা হয়। যথা,



$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$



$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$



$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

প্রতি ক্ষেত্রেই নাইট্রেট লবণ দ্রবণে থাকে। দ্রবণ গাঢ় করিয়া উহা হইতে নাইট্রেটের কেলাস সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম—(1) নাইট্রেট লবণগুলি কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। অধিকাংশ নাইট্রেট লবণ বর্ণহীন বা সাদা। কিউপ্রিক নাইট্রেট ও ফেরাস নাইট্রেটের বর্ণ সবুজ।

(ii) নাইট্রেটগুলি জলে দ্রাব্য।

(iii) উত্তপ্ত করিলে নাইট্রেটগুলি বিযোজিত হয়।

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন নির্গত হয় এবং যথাক্রমে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও পটাসিয়াম নাইট্রাইট অবশিষ্ট থাকে।



$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$



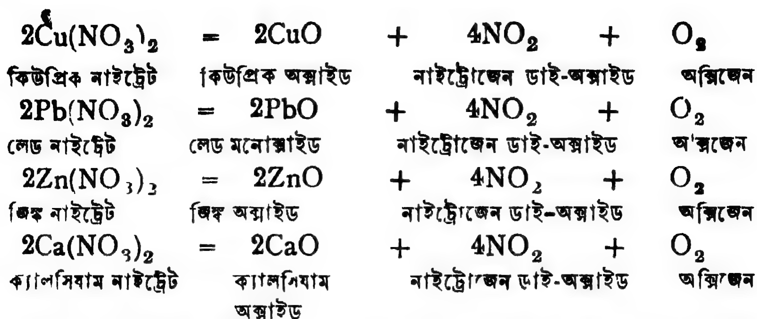
$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মৃদু উত্তাপে নাইট্রাস অক্সাইড ও জলে বিযোজিত হয়। বেশী উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে।



$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

অন্যান্য ধাতব নাইট্রেটগুলিকে (সিলভার নাইট্রেট ব্যতীত) উত্তপ্ত করিলে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অক্সিজেন গ্যাস এবং বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।



$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

কিউপ্রিক নাইট্রেট — কিউপ্রিক অক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

লেড নাইট্রেট — লেড মনোক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2 + O_2$$

জিঙ্ক নাইট্রেট — জিঙ্ক অক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

$$2Ca(NO_3)_2 = 2CaO + 4NO_2 + O_2$$

ক্যালসিয়াম নাইট্রেট — ক্যালসিয়াম অক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

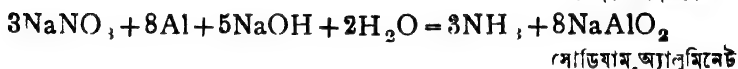
সিলভার নাইট্রেট উত্তাপে ধাতব সিলভার, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$

(iv) জিঙ্ক বা অ্যালুমিনিয়াম এবং কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত নাইট্রেট লবণ ফুটাইলে উৎপন্ন জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন দ্বারা উহা অ্যামোনিয়াতে বিজারিত হয়।



$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = NH_3 + 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

সোডিয়াম জিঙ্কেট



$$3NaNO_3 + 8Al + 5NaOH + 2H_2O = 3NH_3 + 8NaAlO_2$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের পরিচায়ক পরীক্ষা :

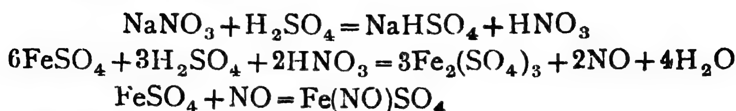
(i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও তামার কুচি মিশাইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণ উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী বর্ণের গ্যাস (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড) নির্গত হয়।

(ii) নাইট্রেটের গাঢ় দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম পাত ও গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা ভিজা লাল লিটমাস কাগজ নীল করে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

(iii) বলয় পরীক্ষা (Ring test)—একটি টেস্ট-টিউবে নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণের শীতল দ্রবণ লইয়া উহাতে সদ্য প্রস্তুত করা ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশাও। এখন কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড টেস্ট-টিউবের গা বাহিয়া ধীরে ধীরে ঢালিয়া দাও। দেখ, সালফিউরিক অ্যাসিড ও পূর্ব দ্রবণের সংযোগস্থলে একটি গাঢ় বাদামী বর্ণের বলয় (ring) গঠিত হয়।

নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

ফেরাস সালফেট ইহাকে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত করে। নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত ফেরাস সালফেটের সহিত একটি বাদামী বর্ণের জটিল লবণ উৎপন্ন করে। ইহাকে বলয়রূপে দেখা যায়।



$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$
$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4$$

নাইট্রেট লবণের ব্যবহার—অ্যামোনিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট জমির সাররূপে ব্যবহৃত হয়। সিলভার নাইট্রেট ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়। লেড নাইট্রেট রঞ্জন শিল্পে, বেরিয়াম নাইট্রেট বাজি প্রস্তুতিতে এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট বারুদ তৈয়ারীতে ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রোজেনের অক্সাইড (Oxides of Nitrogen)

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ওজনের বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি গঠন করে।

নাম	সংকেত	নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	$2\times14 : 16$
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	$14 : 16$
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	$2\times14 : 3\times16$
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড	NO_2 বা N_2O_4	$14 : 32$
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড	N_2O_5	$2\times14 : 5\times16$

নাইট্রোজেনের 14 ভাগ ওজন নির্দিষ্ট ধরিয়া উহার সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত—

$$\frac{16}{2} : 16 : \frac{3\times16}{2} : 32 : \frac{5\times16}{2}$$

বা $8 : 16 : 24 : 32 : 40$

বা $1 : 2 : 3 : 4 : 5$, একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের গঠন গুণানুপাত সূত্রসম্মত হইয়াছে।

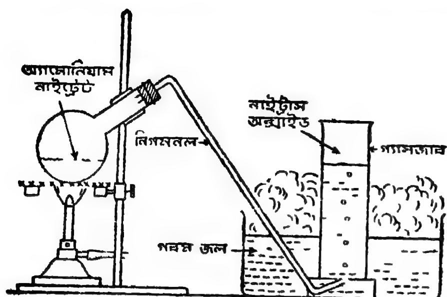
নাইট্রাস অক্সাইড (Nitrous oxide)—

প্রস্তুতি—নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে মৃদু উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

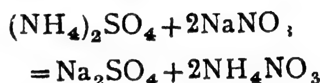


$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

200° সেন্টিগ্রেডের উপরে দ্রুত উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণ ঘটিবার খুব সম্ভাবনা থাকে। এইজন্য অনেক সময়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয়। বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয় এবং পূর্বের ন্যায় ইহা বিযোজিত হয়।



চিত্র 33—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি



$$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3 = Na_2SO_4+2NH_4NO_3$$

গরম জল অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে নাইট্রাস অক্সাইড সংগ্রহ করা হয়। কারণ, ঠাণ্ডা জলে ইহা বেশ অদ্রাব্য।

ধর্ম—(i) নাইট্রাস অক্সাইড মৃদু মিষ্টি গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন গ্যাস। ঠাণ্ডা জলে বেশ দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে অদ্রাব্য।

(ii) শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত নাইট্রাস অক্সাইড গ্রহণ করিলে হাসির উদ্রেক হয়। এই জন্য ইহাকে লাফিং গ্যাস (laughirg gas) বলে। এই গ্যাসে অনেক সময় যাবৎ শ্বাসগ্রহণ করিলে অজ্ঞান হইয়া মৃত্যু পর্যন্ত হইতে পারে।

(iii) ইহা প্রশম (neutral) অক্সাইড।

(iv) ইহা নিজে দাহ্য নহে কিন্তু অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক। জ্বলন্ত সালফার, কার্বন, ফস্‌ফরাস, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, আয়রন এই গ্যাসে জ্বলে। প্রতিক্ষেত্রেই নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং ঐ পদার্থগুলির অক্সাইড গঠিত হয়। উত্তাপে নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয় এবং এই অক্সিজেন জ্বলনে সাহায্য করে।



$$2N_2O+S=SO_2+2N_2, \qquad 5N_2O+2P=P_2O_5+5N_2$$



$$2N_2O+C=CO_2+2N_2; \qquad N_2O+2Na=Na_2O+N_2$$

উত্তপ্ত কপারও ইহাকে নাইট্রোজেনে বিজারিত করে।



$$N_2O+Cu=CuO+N_2$$

পরিচায়ক পরীক্ষা—নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি দপ্‌

করিয়া জ্বালাইয়া দেয়। ইহা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটে শোষিত হয় না কিংবা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সহিত বাদামী ধোঁয়ার সৃষ্টি করে না। এই দুইটি পরীক্ষা দ্বারা অক্সিজেনের সহিত পার্থক্য করা যায়। আবার, অক্সিজেনের সহিত ইহা বাদামী বর্ণের ধোঁয়ার সৃষ্টি করে না। নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত ইহার এই পার্থক্য।

ব্যবহার—কিছুক্ষণ নাইট্রাস অক্সাইডে শ্বাস গ্রহণ করিলে সাময়িকভাবে মানুষের সংজ্ঞালোপ হয় এবং কোন বেদনা অনুভব করিবার শক্তি থাকে না। এইজন্য সাধারণ অস্ত্রোপচারে নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসকে **অবচেতক** (anaesthetic) রূপে ব্যবহার করা হয়। এইজন্য খুব বিশুদ্ধ গ্যাস সামান্য অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

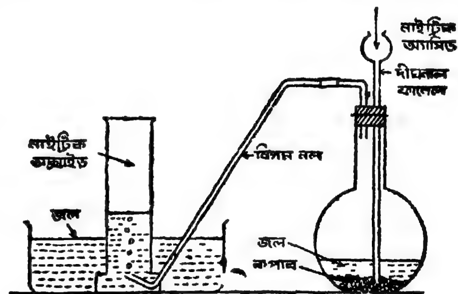
নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric oxide)

প্রস্তুতি—কপারের উপর শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের (এক আয়তন গাঢ় অ্যাসিড + এক আয়তন জল) বিক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।



$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

একটি চ্যাপ্টাতল ফ্লাস্কে কিছু কপারের ছিলা লইয়া কর্কের সাহায্যে ফ্লাস্কটির মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম-নল লাগাও। ফ্লাস্কে খানিকটা জল ঢালিয়া কপারের ছিলা ও ফানেলের শেষ প্রান্ত জলে ডুবাইয়া রাখ। দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু ফ্লাস্কের বায়ুর সহিত ইহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের বাদামী ধোঁয়া সৃষ্টি করে। ফ্লাস্কের সমস্ত বাদামী ধোঁয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া গেলে গ্যাসটি বর্ণহীন হয়। তখন জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ কর।

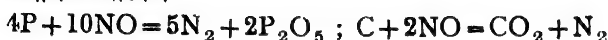


চিত্র 34—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

ধর্ম—(i) নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস, জলে অদ্রাব্য।

(ii) ইহা একটি প্রশম অক্সাইড।

(iii) ইহা নিজে দাহ্য নহে কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিযোজিত হয় বলিয়া অন্য পদার্থের দহনের সহায়ক। গ্যাসের মধ্যে ক্ষীণ শিখায় জ্বলন্ত মোমবাতি, কার্বন বা সালফার রাখিলে নিভিয়া যায়। কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্বলিত কার্বন, সালফার, ফস্‌ফরাস, ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসের মধ্যে উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে।



$$4P + 10NO = 5N_2 + 2P_2O_5 \; ; \; C + 2NO = CO_2 + N_2$$

উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ইহা নাইট্রোজেনে বিজারিত হয়।

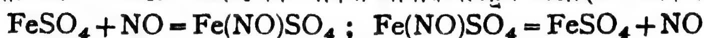


$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

(iv) প্লাটিনামের সংস্পর্শে হাইড্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা অ্যামোনিয়ায় বিজারিত হয়। $2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$

(v) ইহা অক্সিজেনের সহিত বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2NO + O_2 = 2NO_2$

(vi) শীতল ফেরাস সালফেট দ্রবণে ইহা শোষিত হয়। বাদামী বর্ণের জটিল যৌগ গঠিত হয়। উত্তাপে এই যৌগ ভাঙ্গিয়া আবার নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4 \; ; \; Fe(NO)SO_4 = FeSO_4 + NO$$

পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে ইহা বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

(ii) ফেরাস সালফেট দ্রবণের সহিত মিশাইলে ঘোর বাদামী বর্ণ উৎপন্ন হয়।

ব্যবহার—চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (Nitrogen trioxide)

প্রস্তুতি—নাইট্রিক অ্যাসিড (60 শতাংশ) এবং আর্সেনিয়াস অক্সাইডের মিশ্রণ পাতিত করিলে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডের গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসকে হিম-মিশ্রণে শীতল করিলে নীল বর্ণের তরলে পরিণত হয়।



$$2HNO_3 + As_2O_3 = N_2O_3 + As_2O_5 + H_2O$$

ধর্ম—(i) খুব শীতল অবস্থায় ইহা নীল বর্ণের তরল। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও লাল বর্ণের গ্যাস নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়।



$$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$$

(ii) ইহা অ্যাসিডীয় অক্সাইড। জলের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে। ইহা নাইট্রাস অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride)।



$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2 \; ; \; N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (Nitrogen dioxide or Nitrogen tetroxide)

প্রস্তুতি—লেড নাইট্রেটের কেলাস উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

চিত্রানুযায়ী একটি শক্ত কাচের গোলতল ফ্লাস্কে লেড নাইট্রেটের কেলাস লইয়া উত্তপ্ত কর। অক্সিজেন এবং বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। নির্গম-নলের মধ্য দিয়া গ্যাসমিশ্রণ বরফ-লবণে শীতল করা একটি U-নলের মধ্য



চিত্র 35—ল্যাবরেটরীতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

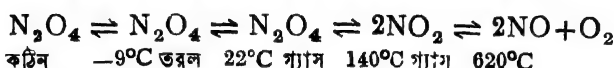
দিয়া প্রবাহিত হয়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড U-নলে হলুদ তরলে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন U-নলের অপর মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে অক্সিজেন সংগ্রহ করিতে পার।

U-নলটিকে উষ্ণ জলে বসাইলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের গাঢ় বাদামী ধোঁয়া নির্গত হয়। বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা ইহা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যায়।

উষ্ণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে কপার, জিঙ্ক ইত্যাদি ধাতু দ্বারা বিজারিত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। সুতরাং ইহা নাইট্রিক

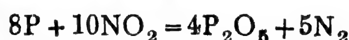
অ্যাসিডের বিজারণ-জাত পদার্থ। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের তাপ-বিযোজনেও ইহা উৎপন্ন হয়। 6.2 নং পরীক্ষা দেখ।

ধর্ম—(i) সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড একটি গাঢ় বাদামী বর্ণের গ্যাস। —9° সেন্টিগ্রেডে ইহা N_2O_4-এর বর্ণহীন কেলাসে পরিণত হয়। উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) বিযোজিত হয়। আরও বেশী তাপমাত্রায় ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

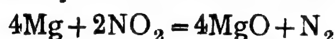


$$\underset{\text{কঠিন}}{N_2O_4} \underset{-9^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{তরল}}{N_2O_4} \underset{22^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস}}{N_2O_4} \underset{140^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস}}{2NO_2} \underset{620^{\circ}C}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2$$

(ii) তীব্রভাবে প্রজ্বলিত কার্বন, ফস্‌ফরাস, সালফার, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলে। তাপমাত্রা এইরূপ হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ইহা নাইট্রোজেনে ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।



$$8P + 10NO_2 = 4P_2O_5 + 5N_2$$



$$4Mg + 2NO_2 = 4MgO + N_2$$

(iii) গ্যাসটি জলে দ্রাব্য এবং শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া ইহা নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সুতরাং ইহা নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্র-নিরুদক (mixed anhydride)। সাধারণ তাপমাত্রায় উৎপন্ন নাইট্রাস অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

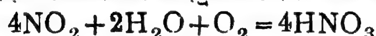


$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$



$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

সাধারণ তাপমাত্রায় অতিরিক্ত বায়ুর উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া কেবলমাত্র নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 = 4HNO_3$$

(iv) কস্টিক সোডা বা পটাসের সহিত নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। ইহা একটি অ্যাসিডীয় অক্সাইড।



$$2NO_2 + 2NaOH = NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$$

(v) ইহা জারক দ্রব্য। জলের উপস্থিতিতে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।



$$NO_2 + SO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$$

উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে বিজারিত হইয়া ইহা নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। $4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (Nitrogen pentoxide)

প্রস্তুতি—একটি রিটর্টে বিশুদ্ধ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড মিশাইয়া হিম-মিশ্রণে শীতল করা হয়। শীতল মিশ্রণকে অল্প অল্প তাপ দিয়া পাতিত করা হয়। শীতল গ্রাহক-পাত্রে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড সংগ্রহ করা হয়। ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শোষণ করে। $2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$ (মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড)

ধর্ম—(i) 0° সেন্টিগ্রেডের নীচে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড একটি বর্ণহীন কেলাসাকার এবং জলাকর্ষী কঠিন। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা গাঢ় বাদামী তরলে পরিণত হয়। 50° সেন্টিগ্রেডে ইহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2N_2O_5 = 2N_2O_4 + O_2$

(ii) ইহা অ্যাসিডীয় অক্সাইড, জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সুতরাং ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক। $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

নাইট্রোজেন-চক্র (Nitrogen cycle)

প্রাণী ও উদ্ভিদ্-দেহের ক্ষয়পূরণ এবং পুষ্টি ও বৃদ্ধিসাধনে প্রোটিন জাতীয় খাদ্য অপরিহার্য। প্রোটিন কার্বন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন লইয়া গঠিত যৌগিক পদার্থ। বায়ুমণ্ডলে প্রচুর নাইট্রোজেন থাকা সত্ত্বেও কয়েকটিমাত্র উদ্ভিদ ব্যতীত অন্যান্য সমস্ত উদ্ভিদ এবং প্রাণী এই মুক্ত নাইট্রোজেন সংগ্রহ করিতে পারে না। মাটিতে দ্রাব্য নাইট্রেট যৌগ থাকে। উদ্ভিদ শিকড়ের সাহায্যে মাটি হইতে নাইট্রেট যৌগ গ্রহণ করিয়া উহাকে প্রোটিনে পরিণত করে। তৃণভোজী প্রাণী উদ্ভিদের দেহ হইতে প্রোটিন পায় এবং মাংসাশী প্রাণী তৃণভোজী প্রাণী ভক্ষণ করিয়া উহাদের প্রোটিন সংগ্রহ করে।

মাটিতে যে নাইট্রেট যৌগ থাকে তাহার নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডল হইতে আসে। তিনটি প্রাকৃতিক উপায়ে বায়ুর নাইট্রোজেন মাটিতে আবদ্ধ (fixed) হইয়া উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য খাদ্যে পরিণত হয়।

(i) সীম, মটর, ছোলা ইত্যাদি সীমজাতীয় উদ্ভিদের (leguminous plants) শিকড়ে এক প্রকার গুটি (nodules) থাকে। এই গুটিতে এক প্রকার

জীবাণু বা ব্যাক্‌টিরিয়া জন্মে। এই ব্যাক্‌টিরিয়া বায়ু হইতে নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত করিয়া দেয়।

(ii) কতকগুলি শৈবাল (algae), ছত্রাক (fungi) এবং মস্ (moss) জাতীয় উদ্ভিদ আপন আপন দেহের পুষ্টির জন্য বায়ু হইতে নাইট্রোজেন দেহসাৎ করে। মৃত্যুর পর ইহাদের দেহ হইতে নাইট্রোজেন মাটিতে আসে।

(iii) বায়ুমণ্ডলের বিদ্যুৎ-ক্ষরণের ফলে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $N_2+O_2=2NO$।

উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2NO+O_2=2NO_2$

বৃষ্টির জলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ধৌত হইয়া যখন মাটিতে পড়ে তখন নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$

মাটির ক্ষার জাতীয় পদার্থের সংস্পর্শে ইহা দ্রাব্য নাইট্রেট যৌগে পরিণত হয়।

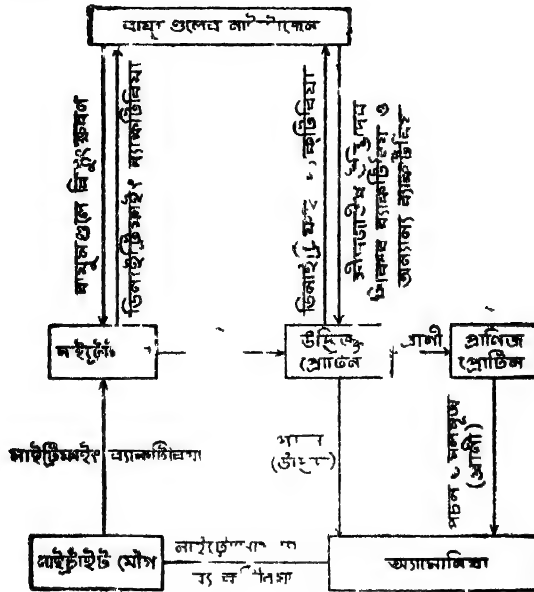
নাইট্রিক অ্যাসিড + ক্ষার → দ্রাব্য নাইট্রেট যৌগ

উদ্ভিদ তখন এই দ্রাব্য নাইট্রেট গ্রহণ করিয়া নিজদেহে প্রোটিন তৈয়ারী করে। উহাদের নিকট হইতে প্রাণীরা প্রোটিন সংগ্রহ করে।

এই তিনটি প্রাকৃতিক উপায়ে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন অপসারিত হয়। সুতরাং বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনের পরিমাণ হ্রাস পাইবার কথা ; কিন্তু কয়েকটি বিপরীত প্রক্রিয়া চলিতে থাকায় প্রকৃতিতে মুক্ত নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

প্রাণিদেহ হইতে নির্গত মলমূত্র এবং উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের পচনের ফলে উহাদের মধ্যের প্রোটিন বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। মাটিতে নানারকমের জীবাণু আছে। নাইট্রোসোফাইং (nitrosofying) ব্যাক্‌টিরিয়া নামের একশ্রেণীর জীবাণু অ্যামোনিয়াকে নাইট্রাইট যৌগে পরিণত করে। নাইট্রিফাইং (nitrifying) ব্যাক্‌টিরিয়া নামক আরেক শ্রেণীর জীবাণু নাইট্রাইট যৌগকে জারিত করিয়া নাইট্রেট যৌগে পরিণত করে। উদ্ভিদ এই নাইট্রেট যৌগকে খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে। নাইট্রেট যৌগের কিয়দংশ আবার মাটির ডিনাইট্রিফাইং (denitrifying) ব্যাক্‌টিরিয়ার প্রভাবে মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

এইরূপে প্রাকৃতিক নিয়মে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন মাটিতে আবদ্ধ হইয়া উদ্ভিদের



চিত্র ৩৬ —নাইট্রোজেন-চক্র

দেহে পবেশ করে এবং সেখান হইতে প্রাণিদেহে যায়। আবার, উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহ হইতে সেই নাইট্রোজেন মাটিতে ফিরিয়া আসে এবং মাটি হইতে পুনরায় বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। নাইট্রোজেনের এই আবর্তনকে **নাইট্রোজেন-চক্র** বলে। প্রকৃতির এই পরিবর্তন এরূপ সুনিয়ন্ত্রিত যে বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় একই থাকিয়া যায়।

নাইট্রোজেন-ঘটিত সারের ব্যবহার—প্রাকৃতিক নিয়মে যে পরিমাণ নাইট্রোজেন মাটিতে আসে তাহা বর্তমানে মাটির নাইট্রোজেনের চাহিদা মিটাইতে পারে না। পৃথিবীর লোকসংখ্যা অনেক বাড়িয়াছে। এইজন্য খাদ্যের চাহিদাও প্রচুর। ফলে একই জমিতে ক্রমাগত চাষের ফলে জমির উর্বরা শক্তি ক্রমশঃ লোপ পায়। খনিজ নাইট্রেট হইতে প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী হওয়াতে ইহার পরিমাণও ক্রমশঃ কমিতে থাকে। বর্তমান সভ্যজগতে লোকের মলমূত্রের বেশ কিছু অংশই পয়ঃপ্রণালীর মধ্য দিয়া নদী বা সমুদ্রের জলে চলিয়া যায়। এইসব কারণে নাইট্রোজেন-চক্র সম্পূর্ণ হইতে পারে না।

জমির উৎপাদিকা শক্তি বৃদ্ধির জন্য বাহির হইতে জমিতে উদ্ভিদের নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য সরবরাহ করা হয়। ইহাই সার। অ্যামোনিয়াম লবণ, নাইট্রেট লবণ, সায়ানামাইড ইত্যাদি নাইট্রোজেন-ঘটিত সার ব্যবহৃত হয়। কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনের ফলে যে অ্যামোনিয়া উপজাতরূপে পাওয়া যায় তাহা সালফেট লবণে পরিণত করিয়া সার প্রস্তুত করা হয়। কিন্তু ইহা যথেষ্ট নহে। কৃত্রিম উপায়ে বায়ুর নাইট্রোজেনকে "বাঁধিয়া" নাইট্রোজেন-যৌগে পরিণত করা হয়। ইহাকে **নাইট্রোজেন-বন্ধন** (fixation of nitrogen) বলে। নাইট্রোজেন-বন্ধনের যে কয়টি পদ্ধতি প্রচলিত আছে তাহাদের মধ্যে হেবারের পদ্ধতিই সর্বোৎকৃষ্ট।

(1) **হেবার পদ্ধতি**—হেবারের অ্যামোনিয়াকে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয় কিংবা অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করিয়া নাইট্রেট লবণ তৈয়ারী করা হয়। এ সম্পর্কে আলোচনা করা হইয়াছে।

(2) **বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি**—নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিয়া পরে নাইট্রেট লবণে পরিণত করা হয়।

(3) **সায়ানামাইড পদ্ধতি**—এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত নাইট্রোলিমকে জমির সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। জমির জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। জমির ব্যাক্টিরিয়া অ্যামোনিয়াকে নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণে জারিত করে। ইহা হইতে অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি বর্ণনা করা হইয়াছে।

(4) **সারপেক পদ্ধতি**—খনিজ বক্সাইটকে ($Al_2O_3, 2H_2O$) কোকচূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া নাইট্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে 1800° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত কস্টিক সোডার সাহায্যে ইহাকে বিযোজিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।



$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$$



$$AlN + NaOH + H_2O = NaAlO_2 + NH_3$$

অনুশীলনী 6

1. সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের প্রাকৃতিক উৎস কি কি? সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে কিরূপে পটাসিয়াম নাইট্রেট পাইবে?

1. What are the natural sources of sodium and potassium

nitrates? How is pure potassium nitrate obtained from sodium nitrate?

2. নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী প্রণালী বর্ণনা কর। বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। তীব্র উত্তপ্ত ঝামা-পাথরের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে কি ঘটে? নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী প্রণালীতে খুব উচ্চ তাপমাত্রা ব্যবহার করা হয় না কেন লিখ।

2. Describe the laboratory method of preparation of nitric acid. Give equation for the reaction. What happens when conc. nitric acid is dropped on strongly heated pumic stone?

[*H. S. Exam.* (*Comp.*) *1960, 1963, 1965, 1970* (*Comp.*)]

Explain why in the laboratory method of preparation of nitric acid a very high temperature is not allowed.

3. (a) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি অ্যাসিড, (b) ইহা একটি জারক দ্রব্য এবং (c) নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে, ইহা প্রমাণ করিবার জন্য পরীক্ষা বর্ণনা কর।

3. Describe briefly experiments to illustrate that nitric acid

(a) is an acid, (d) is an oxidising agent, (c) contains nitrogen, hydrogen and oxygen.

4. চিলি সল্টপিটার হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড কিরূপে শিল্পের জন্য প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর।

4. Describe briefly how nitric acid is manufactured from chile saltpetre.

5. অ্যাসিডরূপে এবং জারক দ্রব্যরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। একটি ধাতু, একটি অধাতু এবং একটি যৌগের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-ক্রিয়া উদাহরণস্বরূপ দাও।

5. State, with equations, the reactions of nitric acid as (a) an acid, (b) an oxidising agent, illustrating the oxidising action on a metal, a non-metal and a compound.

[*cf. H. S. Exam. 1963* (*comp.*)]

6. কিরূপে এবং কি অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড নিম্নলিখিত মৌলিক পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করে? প্রতি ক্ষেত্রে উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম কর এবং সমীকরণ দাও।

কার্বন, হাইড্রোজেন সালফাইড ও কপার; জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, সালফার, ফস্‌ফরাস।

6. How and under what conditions does nitric acid react with the following elements? Name the products and give equation in each case.

Carbon, hydrogen sulphide and copper, [H. S. 1969, 1970 (Comp.)] zinc, magnesium, sulphur, phosphorus.

7. শিল্প-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করিবার জন্য যে শর্তগুলি প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির আরেকটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

7. State the conditions necessary for the conversion of ammonia to nitric acid on a large scale. Describe one other method of manufacturing nitric acid.

[*H. S. Exam. 1964 : cf, 1966 ; 1966 (Comp.), 1969*]

8. নাইট্রিক অ্যাসিড কিংবা উহার কোন উপযুক্ত লবণ হইতে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিরূপে পাইবে?

(a) অক্সিজেন, (b) নাইট্রোজেন, (c) নাইট্রিক অক্সাইড, (d) নাইট্রাস অক্সাইড, (e) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, (f) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, (g) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড।

8. Show how you would obtain from nitric acid or any suitable salt of it—

(a) oxygen [*H. S. Exam. 1963 (Comp.)*], (b) nitrogen, (c) nitric oxide, (d) nitrous oxide, (e) nitrogen dioxide, (f) nitrogen trioxide, [*H. S. Exam. 1963 (Comp.) cf 1965*] (g) nitrogen pentoxide.

9. নাইট্রেট লবণ কাহাকে বলে? কিরূপে নাইট্রেট প্রস্তুত করা হয়? (a) উত্তপ্ত করিলে এবং (b) বিজারিত করিলে নাইট্রেটগুলির কিরূপ পরিবর্তন ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

9. What are nitrates? How are they generally prepared? State, with equations, how the nitrates behave (a) on heating, (b) on reduction.

10. নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডগুলির নাম ও সংকেতগুলি লিখ। দেখাও যে এই অক্সাইডগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে। নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত এই অক্সাইডগুলির সম্পর্ক কি?

10. Name, with formulae, the different oxides of nitrogen. Show that these oxides obey the law of multiple proportions, How are these oxides related to nitric acid ?

11. (a) লেড নাইট্রেট ও (b) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের উপর তাপের প্রভাব বর্ণনা কর। উদ্বায়ী পদার্থগুলি কিরূপে পৃথক করিবে ?

11. Describe the action of heat on (a) lead nitrate, and (b) ammonium nitrate. How would yon isolate the volatile products ?

12. প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন-চক্রের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা লিখ।

12. Describe briefly the nitrogen cycle in nature.

[*H. S. 1964 (Comp.)*]

13. "নাইট্রোজেন-বন্ধন" কাহাকে বলে ? বায়ুর নাইট্রোজেন বন্ধন করিবার পদ্ধতি কি কি ? সর্বাপেক্ষা ভাল পদ্ধতি কোনটি ?

13. What is fixation of nitrogen ? What are the different methods available for fixing atmospheric nitrogen ? Which is the best method ?

14. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—(a) অম্লরাজ, (b) ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড, (c) নাইট্রাস অক্সাইডের ব্যবহার, (d) নাইট্রোজেন-ঘটিত সার।

14. Write short notes on :—

(a) aqua regia, [H. S. 1969, '70 (Comp.)] (b) fuming nitric acid, (c) uses of nitrous oxide, (d) nitrogen fertilizers.

[*H. S. Exam., 1964 (Comp.)*]

15. নাইট্রেট কিরূপে সনাক্ত করা হয় ? নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট মূলক সনাক্তকরণের জন্য বলয় পরীক্ষা বর্ণনা কর এবং ব্যাখ্যা কর।

15. How are nitrates detected ? Describe and explain the ring test for detecting nitric acid and nitrate radical.

16. তিনটি সিলিণ্ডারে যথাক্রমে অক্সিজেন, নাইট্রাস অক্সাইড এবং নাইট্রিক অক্সাইড আছে। উহাদের কিরূপে পার্থক্য করিবে ?

16. You are given three cylinders containing oxygen, nitrous oxide and nitric oxide respectively. How would you distinguish between them ?

17. নিম্নক্ষেত্রে কি কি ঘটে বর্ণনা কর :—

(a) লেড নাইট্রেটকে তীব্র উত্তপ্ত করা হইল। (b) সোডিয়াম নাইট্রেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল। (c) কপার-ছিলার সহিত মোটামুটি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড মিশান হইল। (d) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা হইল।

প্রতিটি বিক্রিয়ায় যে গ্যাস নির্গত হয় তাহার বর্ণনা এবং যদি কোন অবশেষ থাকে তবে সেই অবশেষেরও বর্ণ উল্লেখ কর।

17. Describe, with equations, what happens when—

(a) lead nitrate is strongly heated, (b) sodium nitrate is heated with conc. sulphuric acid, (c) moderately dilute nitric acid is added to copper turnings, (c) ammonium nitrate is heated.

Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue, if any. [*H. S. Exam., 1960 & 1966*]

18. নিম্নক্ষেত্রে কি কি ঘটে তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর :—

(a) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড পরিচালিত করা হইল। (b) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশান হইল। (c) ফেরাস সালফেট দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফুটান হইল। (d) শীতল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করা হইল। (e) শীতল ফেরাস সালফেটের দ্রবণে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।

18. Describe, with equations, what happens when—

(a) sulphur dioxide is passed into conc. nitric acid, (b) conc. hydrochloric acid is mixed with conc. nitric acid, (c) ferrous sulphate solution is boiled with nitric acid, (d) hydrogen sulphide is passed into cold conc. nitric acid, (e) nitric oxide gas is passed into cold ferrous sulphate solution.

19. বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডে N_2O_5-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

19. Calculate the percentage of N_2O_5 in pure nitric acid.

[Ans. 85·71%.]

অধ্যায় 7

ফস্‌ফরাস
(PHOSPHORUS)

জার্মান রাসায়নিক ব্রাণ্ড (Brand) 1674 খৃস্টাব্দে ফস্‌ফরাস আবিষ্কার করেন। মূত্রের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করিয়া অবশিষ্ট কঠিন পদার্থ হইতে তিনি ফস্‌ফরাস তৈয়ারী করিয়াছিলেন। 1680 খৃস্টাব্দে বয়েল (Boyle) অধিক পরিমাণে ফস্‌ফরাস তৈয়ারির পদ্ধতি প্রকাশ করেন। 1777 খৃস্টাব্দে শিলে (Scheele) অস্থিচূর্ণ হইতে ফস্‌ফরাসের তৈয়ারির পদ্ধতি প্রথম উদ্ভাবন করেন। ঐ বৎসরই ল্যাভয়সিয়র সর্ব-প্রথম প্রমাণ করেন যে ইহা একটি মৌলিক পদার্থ।

অন্ধকারে রাখিলেও ফস্‌ফরাস আলো বিকীরণ করে বলিয়া এই মৌলিক পদার্থটির নাম দেওয়া হয় ফস্‌ফরাস (phos = আলো, phero = বহন করা)।

ফস্‌ফরাস প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। জীবজন্তুর দেহে ফস্‌ফরাস একটি অপরিহার্য উপাদান। ইহাদের অস্থি, মাংসপেশী, স্নায়ু ও মস্তকে ফস্‌ফরাস যৌগিক পদার্থরূপে আছে। বহু খনিজ পদার্থে ফস্‌ফরাস যুক্তভাবে রহিয়াছে। খনিজগুলির মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি উল্লেখযোগ্য।

(1) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$

(2) ফ্লুর-অ্যাপাটাইট (Fluorapatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, CaF_2

(3) ক্লোর-অ্যাপাটাইট (Chlorapatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$

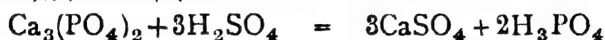
(4) ভিভিয়ানাইট (Vivianite), $Fe_3(PO_4)_2$, $8H_2O$

ফস্‌ফরাস প্রস্তুতি

অস্থিভস্ম হইতে—অস্থিতে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট, চর্বিজাতীয় পদার্থ, নাইট্রোজেন-ঘটিত পদার্থ ও সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে। অস্থিগুলিকে খুব ছোট ছোট টুক্‌রা করিয়া জলে ফুটাইয়া পরিষ্কার করা হয়। অতঃপর কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের সাহায্যে উহার চর্বিজাতীয় পদার্থগুলি নিষ্কাশিত করা হয়। ইহাকে অতিতপ্ত স্টীমে উত্তপ্ত করিলে আঠা ও জিলাটিনজাতীয় জৈব পদার্থগুলি অপসারিত হয়। তারপর আবদ্ধ বায়ুহীন পাত্রে ইহার অন্তর্ধূম-পাতন (destruc-

tive distillation) করিলে যে কালো চূর্ণ পদার্থ পাওয়া যায় তাহা প্রাণিজ অঙ্গার (animal charcoal)। ইহা ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ও কার্বনের মিশ্রণ। ইহাকে অস্থি অঙ্গারও (bone charcoal or bone black) বলে। প্রাণিজ অঙ্গারকে বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে সাদা ভস্ম উৎপন্ন হয়। ইহাকে অস্থি ভস্ম (bone ash) বলে। অস্থি-ভস্মে শতকরা 80 ভাগ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট আছে।

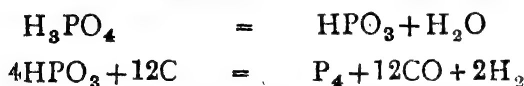
অস্থি-ভস্মের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড (60%) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। অস্থি-ভস্মের ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট বিযোজিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফস্‌ফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

ক্যালসিয়াম ফসফেট   সালফিউরিক অ্যাসিড   ক্যালসিয়াম সালফেট   ফসফরিক অ্যাসিড

অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুতে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ থাকে। ইহাকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করা হয়। গাঢ় ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিত চারকোলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া তাপ-প্রয়োগে মিশ্রণকে শুষ্ক করা হয়। অতঃপর এই শুষ্ক পদার্থকে তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড এক অণু জল ত্যাগ করিয়া মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং পরে উহা চারকোল দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়।



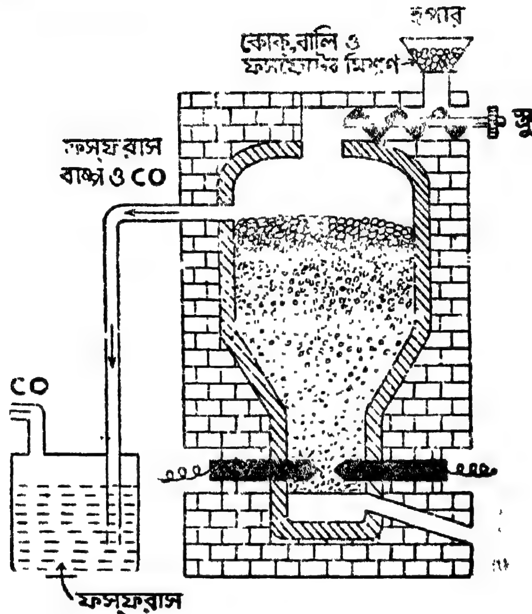
$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$
$$4HPO_3 + 12C = P_4 + 12CO + 2H_2$$

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তিনটি পদার্থই (ফস্‌ফরাস, কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন) গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হয়। জলের মধ্যে প্রবাহিত করিলে ফস্‌ফরাস কঠিনে পরিণত হয়, কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন বাহির হইয়া যায়।

পূর্বে অস্থি-ভস্ম হইতে এই পদ্ধতির সাহায্যেই ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করা হইত। বর্তমানকালে তড়িৎ-প্রণালীর সাহায্যে ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করা হয়। এইজন্য খনিজ ফসফেট কিংবা অস্থি-ভস্ম লওয়া হয়। তড়িৎ-প্রণালীর প্রবর্তনকারীদের নামানুসারে এই পদ্ধতিকে **রীডম্যান-পার্কার-রবিনসন পদ্ধতি** (Readman-Parker and Robinson Process) বলা হয়।

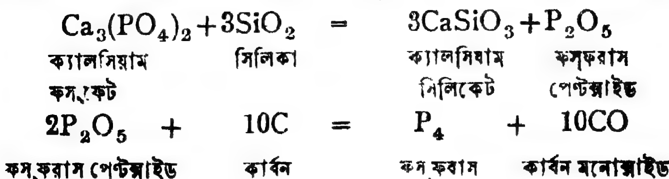
তড়িৎ-প্রণালী—এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত একটি আবদ্ধ চুল্লী (furnace) ব্যবহার করা হয়। চুল্লীর নীচের দিকে কার্বনের দুইটি তড়িৎ-দ্বার

(electrodes) আছে। তড়িৎ-দ্বারের মধ্য দিয়া উপযুক্ত তড়িৎ-প্রবাহের ফলে একটি স্ফুলিঙ্গের (arc) সৃষ্টি হয়। ইহাতে প্রচণ্ড তাপ উৎপন্ন হয়। চুল্লীর মাথায় একটি চোঙ (hopper), উপরের দিকে এক পার্শ্বে একটি নির্গম-পথ এবং তলদেশে আরেকটি সরু নির্গম-পথ থাকে।



চিত্র 37—তড়িৎ-প্রণালীতে সাদা ফস্ফরাস নিষ্কাশন

খনিজ ফস্ফেটের চূর্ণ (যথা, ফস্ফোরাইট, অ্যাপাটাইট) বা অস্থি-ভস্ম, সিলিকা (বালি) এবং কোকচূর্ণের একটি মিশ্রণ চোঙের মধ্য দিয়া ঢালিয়া স্ক্রু-চালকের সাহায্যে চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করান হয়। তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে মিশ্রণটি প্রায় 1500° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় প্রথম পর্যায়ে ক্যালসিয়াম ফস্ফেট ও সিলিকার বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড কোক দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্ফরাসে পরিণত হয়।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

ক্যালসিয়াম ফস্ফেট   সিলিকা   ক্যালসিয়াম সিলিকেট   ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড

$$2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$$

ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড   কার্বন   ফস্ফরাস   কার্বন মনোক্সাইড

উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সিলিকেট গলিয়া ধাতুমলের (slag) সৃষ্টি করে এবং উহা চুল্লীর তলদেশে অবস্থিত নির্গমপথ দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। বাষ্পীভূত ফস্ফরাস ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ উপরের নির্গমপথ দিয়া ঠাণ্ডা জলের মধ্যে প্রবাহিত করা হয়। জলের মধ্যে ফস্ফরাস বাষ্প ঘনীভূত হইয়া কঠিন পদার্থরূপে জলের নীচে জমা হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া যায়।

বিশুদ্ধিকরণ—অবিশুদ্ধ ফস্ফরাসকে উত্তপ্ত জলের মধ্যে গলাইয়া পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া নাড়িতে হয়। কতকগুলি অবিশুদ্ধি জারিত হইয়া দ্রবীভূত হয় এবং কতকগুলি সরের মত ভাসিয়া উঠে। অতঃপর শ্যাময় চামড়ার (chamois leather) সাহায্যে চাপে ফিলটার করা হয় এবং জলে শীতল করা কাচের টিউবের যষ্টির (sticks) আকারে ঢালাই করা হয়।

বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই ফস্ফরাস উহার অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। এজন্য ইহাকে সর্বদা জলের ভিতরে রাখা হয়।

বহুরূপতা (allotropy)

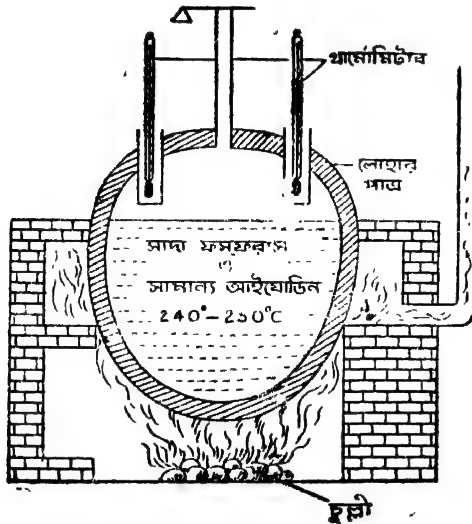
মৌলিক পদার্থ ফস্ফরাসের একটি বৈশিষ্ট্য আছে। উপরের পদ্ধতিতে যে ফস্ফরাস প্রস্তুত করা হইয়াছে তাহার নাম সাদা ফস্ফরাস (white phosphorus)। ইহাকে হলুদ ফস্ফরাসও (yellow phosphorus) বলে। এই নাম বেশী প্রচলিত নহে। ফস্ফরাসের আরেকটি রূপ আছে। উহা দেখিতে লাল এবং উহার নাম লাল ফস্ফরাস (red phosphorus)। ফস্ফরাসের দুই রূপের মধ্যে ভৌত ধর্মের পার্থক্য আছে, কোন কোন রাসায়নিক ধর্মেও ইহারা ভিন্ন। সাদা ফস্ফরাস ও লাল ফস্ফরাসকে ফস্ফরাসের রূপভেদ (allotropes or allotropic modifications) বলা হয় এবং ফস্ফরাসের এই বৈশিষ্ট্যকে বহুরূপতা বলা হয়। ফস্ফরাসের আরও কয়েকটি রূপভেদ আছে, কিন্তু এই দুইটিই ইহার প্রধান রূপভেদ।

যে ধর্মের জন্য কোন মৌলিক পদার্থ একাধিক রূপে অবস্থান করিতে পারে তাহাকে বহুরূপতা বলে এবং মৌলিক পদার্থটির এই বিভিন্ন রূপকে রূপভেদ বলে। রূপভেদগুলির মধ্যে ভৌত ধর্মে এবং কোন কোন রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য দেখা যায়।

ফস্ফরাস ব্যতীত কার্বন, সালফার, অক্সিজেন এবং আরও অনেক মৌলিক পদার্থের মধ্যে বহুরূপতা ধর্ম দেখা যায়।

লাল ফস্‌ফরাসের প্রস্তুতি—সাদা ফস্‌ফরাস হইতে লাল ফস্‌ফরাস তৈয়ারী করা হয়। বায়ুশূন্য স্থানে বা নিষ্ক্রিয় গাসের মধ্যে (যথা, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড) সাদা ফস্‌ফরাসের সহিত খুব সামান্য পরিমাণ আয়োডিন (প্রভাবক) মিশাইয়া 240° – 250° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে উহা লাল ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়।

অধিক পরিমাণে প্রস্তুতির জন্য একটি আবদ্ধ লোহার পাত্রে সাদা ফস্‌ফরাস লইয়া উহাতে সামান্য আয়োডিন মিশান হয়। দুই মুখ খোলা একটি সরু লম্বা নল পাত্রের সহিত যুক্ত করা আছে। ইহার সাহায্যে আবদ্ধ পাত্রের মধ্যের গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান থাকে। পাত্রে লোহার টিউবে দুইটি থার্মোমিটার বসান থাকে। লোহার পাত্রটি চুল্লীর সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। তাপমাত্রা 240° – 250°



চিত্র 38—লাল ফস্‌ফরাস প্রস্তুতি

সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। বিক্রিয়ার ফলে সাদা ফস্‌ফরাস লাল ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়। সামান্য পরিমাণ সাদা ফস্‌ফরাস পাত্রের বায়ুর দ্বারা জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন লাল ফস্‌ফরাসের সহিত কিছু অপরিবর্তিত সাদা ফস্‌ফরাস থাকে। উৎপন্ন পদার্থটিকে চূর্ণ করিয়া কস্টিক সোডা দ্রবণে ফুটান হয়। সাদা ফস্‌ফরাস ফস্‌ফিন উৎপন্ন করিয়া দ্রবীভূত হয় কিন্তু লাল ফস্‌ফরাস অপরিবর্তিত থাকে। ফিলটার করিয়া লাল ফস্‌ফরাস পৃথক করা হয় এবং উষ্ণ জল দ্বারা ধৌত করিয়া স্টীমে শুষ্ক করা হয়।

ফস্‌ফরাসের ধর্ম

(i) সাদা ফস্‌ফরাস প্রায় বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। ইহা মোমের মত নরম, ছুরির সাহায্যে সহজেই কাটা যায়। ইহার গন্ধ কাঁচা রসুনের ন্যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84, গলনাঙ্ক 44·1C°। ইহা অস্থায়ী প্রকৃতির কঠিন পদার্থ। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা খুব ধীরে ধীরে লাল ফস্‌ফরাসে পরিবর্তিত হইতে থাকে। উচ্চতর তাপমাত্রায় এই পরিবর্তন তাড়াতাড়ি ঘটে।

লাল ফস্‌ফরাস লাল বর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহা গন্ধহীন। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·20, নির্দিষ্ট কোন গলনাঙ্ক নাই (500°C – 600°C)। ইহা স্থায়ী প্রকৃতির কঠিন পদার্থ।

(ii) সাদা ফস্‌ফরাস জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য।

লাল ফস্‌ফরাস জলে এবং কার্বন-সালফাইডে অদ্রাব্য।

(iii) সাদা ফস্‌ফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত। সামান্য পরিমাণ (প্রায় 0·15 গ্রাম) মানবদেহে প্রবেশ করিলে ইহা মৃত্যু ঘটাইতে পারে। ইহার বাষ্পও বিষাক্ত।

লাল ফস্‌ফরাস বিষাক্ত নয়।

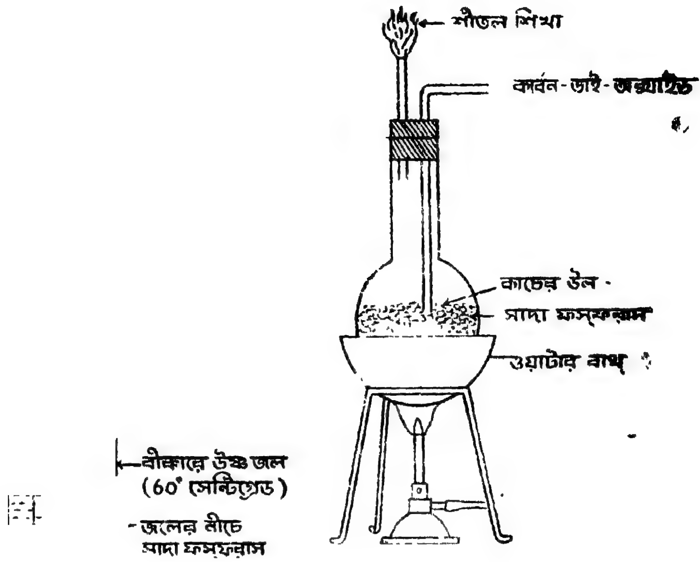
(iv) সাধারণ তাপমাত্রায় সাদা ফস্‌ফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফস্‌ফরাসের বিভিন্ন অক্সাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন করে। এই রাসায়নিক ক্রিয়াকালে এক প্রকার সবুজ আভার আলোক বিকীর্ণ হইতে থাকে। অন্ধকারে ইহা খুব উজ্জ্বল দেখায়। ইহাকে **অনুপ্রভা** (phosphorescence) বলে।

পরীক্ষা 7.1. একটি জলপূর্ণ জারে জলের নীচে কয়েক টুকরা সাদা ফস্‌ফরাস ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের কেলাস রাখ। একটি দীর্ঘনাল ফানেল হইতে উহাদের উপর সাবধানে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। দেখ, জলের নীচেই ফস্‌ফরাসের টুকরাগুলি জ্বলিয়া উঠে।

পরীক্ষা 7.2. একটি মোটা টেস্ট-টিউবে জলের নীচে সাদা ফস্‌ফরাস রাখ। টেস্ট-টিউবটি একটি বীকারে জলের মধ্যে বসাইয়া জলকে প্রায় 60° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত গরম কর। এখন একটি নলের মধ্য দিয়া গলিত ফস্‌ফরাসের উপর অক্সিজেন প্রবাহিত কর। ফস্‌ফরাস জলের নীচেই জ্বলিতে থাকে।

পরীক্ষা 7.3. একটি ফ্লাস্কে কিছু সাদা ফস্‌ফরাস লইয়া কাচের উল (glass wool) দিয়া উহা ঢাকিয়া রাখ। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের মধ্য দিয়া একটি বাঁকা লম্বা

নল এবং একটি সোজা নল বসানো আছে। বাঁকা নল দিয়া ফ্লাস্কটিতে কার্বন ডাই-



চিত্র 39—জলের নীচে আগুন

চিত্র 40—শীতল শিখা

অক্সাইড প্রবাহিত করিয়া উহার মধ্যের অক্সিজেন অপসারিত কর। এখন ফ্লাস্কটিকে ওয়াটার বাথ্-এ সামান্য উত্তপ্ত কর। কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে ফসৃফরাসের বাষ্প ছোট নল বাহিয়া বায়ুর সংস্পর্শে আসে এবং সবুজাভ আলোকসহ জ্বলিতে থাকে। এই শিখার কোন উত্তাপ নাই। কাগজের টুক্‌রা, এমনকি দেশলাইয়ের কাঠি পর্যন্ত ইহাতে জ্বলে না। ইহা **শীতল শিখা** (cold flame)।

নিম্ন তাপমাত্রায় সাদা ফস্‌ফরাসের দাহ্যতা এইরূপে দেখান যায়।

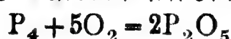
লাল ফস্‌ফরাসের কোন অনুপ্রভা নাই। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা জ্বলিয়া উঠে না।

(v) সাদা ফস্‌ফরাস লাল ফস্‌ফরাস অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। সাদা ফস্‌ফরাস সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন, ক্লোরিন, আয়োডিন ইত্যাদির সহিত তাপ ও আলোক সহযোগে যুক্ত হয়।

পরীক্ষা 7.4. ছোট এক টুক্‌রা সাদা ফস্‌ফরাস কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত কর। একটি ফিল্‌টার কাগজ ত্রিপদ-স্ট্যাণ্ডে তারজালির উপর রাখিয়া উহার উপর

ফস্‌ফরাসের দ্রবণ ধীরে ধীরে ঢাল। কিছুক্ষণ পরে কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং কাগজটি ধোঁয়াসহ জ্বলিয়া ওঠে।

পরীক্ষা 7.5. একটি উজ্জ্বলন চামচে এক টুক্‌রা সাদা ফস্‌ফরাস লইয়া একটু গরম কর এবং উহা অক্সিজেনের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। ফস্‌ফরাস জ্বলিয়া ওঠে এবং গ্যাসজার ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডের সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যায়।



$$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের সংস্পর্শে সাদা ফস্‌ফরাস জ্বলিয়া উঠিয়া যথাক্রমে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড গঠন করে।

পরীক্ষা 7.6. উজ্জ্বলন চামচে এক টুক্‌রা সাদা ফস্‌ফরাস লইয়া ক্লোরিনের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। ফস্‌ফরাস ট্রাই- ও পেণ্টা-ক্লোরাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।



$$P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3 ; \qquad P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$$

পরীক্ষা 7.7. ফিল্‌টার কাগজের ভাঁজে সাদা ফস্‌ফরাস শুষ্ক করিয়া উহার সংস্পর্শে এক টুক্‌রা আয়োডিনের কেলাস রাখ। ফস্‌ফরাস জ্বলিয়া উঠে এবং ফস্‌ফরাস ট্রাই-আয়োডাইড গঠিত হয়।



$$P_4 + 6I_2 = 4PI_3$$

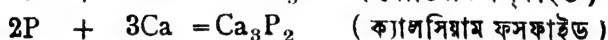
সাদা ফস্‌ফরাস সালফারের সহিত সালফাইড এবং ধাতুর সহিত ধাতব ফস্‌ফাইড গঠন করে।



$$2P + 3S = P_2S_3 \quad \text{(ফস্‌ফরাস ট্রাই-সালফাইড)}$$



$$P + 3Na = Na_3P \quad \text{(সোডিয়াম ফস্‌ফাইড)}$$



$$2P + 3Ca = Ca_3P_2 \quad \text{(ক্যালসিয়াম ফস্‌ফাইড)}$$

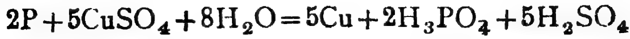
অপরপক্ষে, লাল ফস্‌ফরাসের সহিত উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলি অনেক ধীরে ধীরে ঘটে এবং এইজন্য উত্তাপের প্রয়োজন। ইহা অক্সিজেনের সহিত 260° সেন্টিগ্রেডের উচ্চ তাপমাত্রায় অক্সাইড গঠন করে। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, সালফার, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদির সহিত উত্তপ্ত করিলে ঐরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সাদা বা লাল ফস্‌ফরাস উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ফস্‌ফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। সাদা ফস্‌ফরাসের সহিত বিস্ফোরণ ঘটে বলিয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে লাল ফস্‌ফরাস ব্যবহার করা হয়।



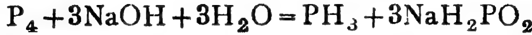
$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$

কপার সালফেট দ্রবণে সাদা ফস্ফরাস মিশাইলে উহা বিজারিত হইয়া কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$$

কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস বা বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সহিত সাদা ফস্ফরাস ফুটাইলে ফস্ফিন গ্যাস এবং হাইপোফস্ফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।



$$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$$

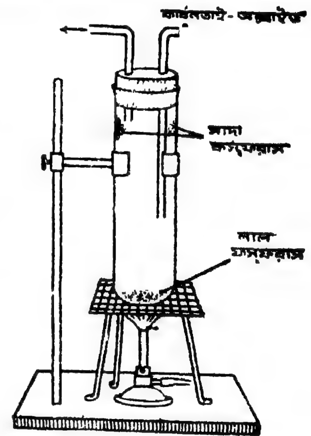
কস্টিক সোডা ফস্ফিন সোডিয়াম হাইপোফস্ফাইট

লাল ফস্ফরাস ক্ষার দ্রবণের সহিত কোন ক্রিয়া করে না।

সাদা ফস্ফরাস ও লাল ফস্ফরাস যে একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন রূপ তাহা নিম্নের আলোচনা হইতে বুঝিতে পারিবে।

(1) অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের মধ্যে সাদা ফস্ফরাস ও লাল ফস্ফরাস পৃথকভাবে উত্তপ্ত করিলে উভয়ক্ষেত্রে ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। আরও দেখা যায় যে, উভয় রূপভেদের সমান পরিমাণ হইতে সমান ওজনের অক্সাইড পাওয়া যায়।

(2) সহজ পদ্ধতিতে সাদা ফস্ফরাসকে লাল ফস্ফরাসে এবং লাল ফস্ফরাসকে সাদা ফস্ফরাসে পরিণত করা সম্ভব।



চিত্র 41—লাল ফস্ফরাসের সাদা ফস্ফরাসে পরিণতি

নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে সাদা ফস্ফরাসকে 240° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে (সামান্য আয়োডিন প্রভাবকের উপস্থিতিতে) উহা লাল ফস্ফরাসে পরিণত হয়। আবার, এই লাল ফস্ফরাসকে একটি মোটা মুখবন্ধ টেস্ট-টিউবে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে 550° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পীভূত হয়। এই বাষ্প টেস্ট-টিউবের উপরের শীতল অংশে ঘনীভূত হইয়া যে কঠিন জমা হয় তাহা সাদা ফস্ফরাস।

রূপভেদের এইরূপ পরিবর্তনে উহার ওজনের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না।

ফস্‌ফরাসের ব্যবহার—

(i) ফস্‌ফরাসের প্রধান ব্যবহার দেশলাই শিল্পে। এজন্য লাল ফস্‌ফরাস ব্যবহৃত হয়। সাদা ফস্‌ফরাস বিষাক্ত এবং সহজে দাহ্য বলিয়া ব্যবহৃত হয় না। আমরা যে সেফ্‌টি-ম্যাচ (safety match) ব্যবহার করি তাহার কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) এবং পটাসিয়াম ক্লোরেট ও আঠা থাকে। দেশলাইয়ের বাক্সের দুই পাশে লাগানো কাগজে ফস্‌ফরাস এবং কাচের গুঁড়া আঠা দিয়া আটকান থাকে। কাঠির মাথাটি বাক্সের গায়ে ঘষিলে লাল ফস্‌ফরাস ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় এবং অ্যান্টিমনি সালফাইডের সালফার জ্বলিয়া উঠে। লুসিফার ম্যাচের (lucifer match) কাঠি যে কোন স্থানে ঘষিলেই জ্বলিয়া উঠে। ইহার মাথায় ফস্‌ফরাস সালফাইড (P_4S_3), পটাসিয়াম ক্লোরেট, লেড ডাই-অক্সাইড আঠা দিয়া লাগান থাকে। অমসৃণ তলে ঘষিলে যে তাপের সৃষ্টি হয় তাহাতেই কাঠিটি জ্বলিয়া উঠে।

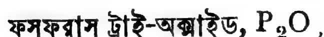
(ii) যুদ্ধের সময় ধূম্রজাল (smoke screen) এবং অগ্নিপ্রজ্জ্বালক বোমা তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইঁদুর মারিবার বিষাক্ত খাদ্য তৈয়ারীতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

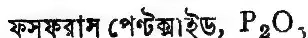
(iii) লাল ফস্‌ফরাস, ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড, ফস্‌ফর-ব্রোঞ্জ (phosphor bronze), ক্যালসিয়াম হাইপো-ফস্‌ফাইট ইত্যাদির প্রস্তুতিতে সাদা ফস্‌ফরাস প্রয়োজন।

(iv) ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে লাল ফস্‌ফরাস ব্যবহৃত হয়।

ফস্‌ফরাসের অক্সাইড—

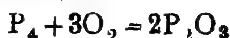
ফস্‌ফরাস অক্সিজেনের সহিত প্রধানত দুইটি অক্সাইড গঠন করে। যথা,


ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, P_2O_3

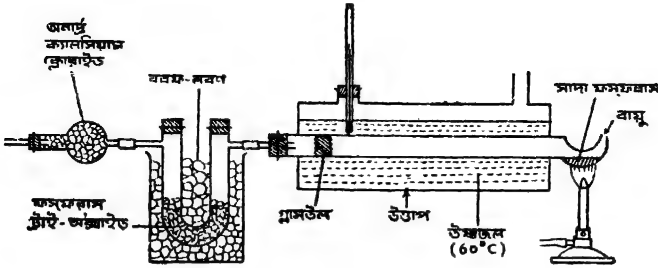

ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড, P_2O_5

ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড (Phosphorus trioxide)

প্রস্তুতি—স্বল্প বায়ুতে (বা অক্সিজেনে) সাদা ফস্‌ফরাসকে উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।


$$P_4 + 3O_2 = 2P_2O_3$$

এই সঙ্গে সামান্য ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড অপসারণের জন্য চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন। একটি নলের মুখে সাদা ফস্‌ফরাস রাখিয়া শুষ্ক এবং অল্প বায়ু-প্রবাহে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। ফস্‌ফরাস ট্রাই ও পেণ্টক্সাইডের গ্যাসীয় মিশ্রণ নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে



চিত্র 42—ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

থাকে। এই নলটি উষ্ণ জলে (60°C)ডুবানো এবং নলের অপর প্রান্তে গ্লাস-উল রাখা আছে। এই উষ্ণতায় ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডের বাষ্প কঠিনে পরিণত হইয়া গ্লাস-উলে আটকাইয়া যায়। কিন্তু ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইডের বাষ্প গ্লাস-উল অতিক্রম করিয়া বরফ-লবণ মিশ্রণে রক্ষিত U-নলে প্রবেশ করিয়া কঠিনে পরিণত হয়।

ধর্ম—(i) ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড সাদা কেলাসাকার পদার্থ। ইহার গন্ধ রসুনের মত। ইহার গলনাঙ্ক 24° সেন্টিগ্রেড।

(ii) সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেনে বা বায়ুতে ইহা ধীরে ধীরে পেণ্টক্সাইডে জারিত হয়। সামান্য উত্তপ্ত করিলে ইহা জ্বলিয়া উঠিয়া ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়।



$$P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$$

(iii) ইহা একটি অ্যাসিডীয় অক্সাইড। শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া ফস্‌ফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহা ফস্‌ফরাস অ্যাসিডের নিরুদক।



$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

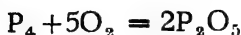
জলের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণসহ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ও ফস্‌ফিন উৎপন্ন হয়।



$$2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$$

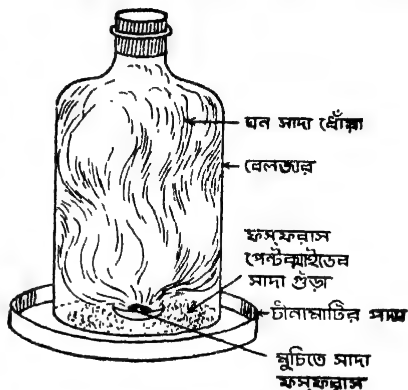
ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড (Phosphorus pentoxide)

প্রস্তুতি—অতিরিক্ত বায়ুতে (বা অক্সিজেনে) ফস্ফরাস উত্তপ্ত করিলে ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$P_4+5O_2 = 2P_2O_5$$

একটি চীনামাটির পাত্রের উপর একটি মুচিতে কিছু সাদা ফস্ফরাস লও। উত্তপ্ত লোহার শলাকার সাহায্যে ফস্ফরাসে আগুন ধরাইয়া একটি বেলজার দিয়া উহা ঢাকা দাও। মাঝে মাঝে বেলজারটি একটু উঁচু করিয়া উহার মধ্যে বায়ু প্রবেশ করিতে দাও। বেলজারটি ঘন, সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যায় এবং ঠাণ্ডা হইলে চীনামাটির পাত্রে ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইডের সাদা গুঁড়া সঞ্চিত হয়। ইহার সহিত কিছু ট্রাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। কাচের নলের মধ্যে রাখিয়া ইহাকে অক্সিজেন-প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে ট্রাই-অক্সাইড জারিত হইয়া পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়।



চিত্র 43—ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতি

ধর্ম—(i) ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড সাদা উদগ্রাহী পাউডার।

(ii) ইহা অ্যাসিডীয় অক্সাইড। শীতল জলে মিশাইলে হিস্ হিস্ শব্দ হয় এবং দ্রবীভূত হইয়া মেটা-ফস্ফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$P_2O_5+H_2O = 2HPO_3$$

অতিরিক্ত জলের সহিত ফুটাইলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া অর্থো-ফস্ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

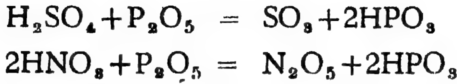


$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড ফস্ফরিক অ্যাসিডের নিরুদক।

(iii) জলের প্রতি ইহার আসক্তি খুব বেশি। অন্যান্য পদার্থ হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে বলিয়া ইহা একটি উত্তম নিরুদনকারী পদার্থ। কোন কোন যৌগিক পদার্থের অণু হইতে ইহা জল অপসারণ করিতে পারে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড

এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড মিশাইয়া গরম করিলে অ্যাসিড দুইটির নিরুদক, অর্থাৎ যথাক্রমে সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

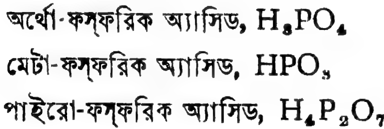


$$H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$

ব্যবহার—নিরুদনকারী হিসাবে এবং ফস্‌ফরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (Phosphoric acids)—

ফস্‌ফরিক অ্যাসিড তিন রকমের। যথা,



অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4
মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, HPO_3
পাইরো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_7$

শুধু ফস্‌ফরিক অ্যাসিড বলিলে সাধারণতঃ অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড বুঝায়।

অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড হইতে—ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড অতিরিক্ত জলে মিশাইয়া ফুটাইলে অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

অস্থিভস্ম হইতে—অস্থিভস্ম-চূর্ণ এবং সালফিউরিক অ্যাসিড (60%) একটি লৌহপাত্রে লইয়া কয়েক ঘণ্টা ফুটাইলে অস্থিভস্মের ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট বিযোজিত হয়। অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে ফিল্‌টার করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে তাপ-প্রয়োগে গাঢ় করিয়া অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সিরাপ তৈয়ারী করা হয়। ইহাতে 85 শতাংশ অ্যাসিড থাকে এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·7।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

লাল ফস্‌ফরাস হইতে—লাল ফস্‌ফরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। সামান্য আয়োডিন প্রভাবকরূপে যোগ করা হয়। বিক্রিয়ায় লাল

ফস্‌ফরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের ধোঁয়া নির্গত হয়।



$$P+5HNO_3 = H_3PO_4+5NO_2+H_2O$$

সমস্ত ফস্‌ফরাস দ্রবীভূত হইলে উহাতে সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া আবার উত্তপ্ত করা হয়। অতঃপর ঠাণ্ডা করিয়া পাতিত জল মিশাইয়া ফিল্‌টার করা হয়। পরিস্রুতকে তাপ প্রয়োগে (180° সেন্টিগ্রেডে) গাঢ় করিয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সিরাপ তৈয়ারী করা হয়। সিরাপটি হিম-মিশ্রণে রক্ষিত বায়ুশূন্য ডেসিকেটরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিলে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম—(i) বিশুদ্ধ ফস্‌ফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ, গলনাঙ্ক 42° সেন্টিগ্রেড। সাধারণতঃ ইহাকে সিরাপের ন্যায় তরলরূপে পাওয়া যায়। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য।

(ii) উত্তপ্ত করিলে ইহা 213° সেন্টিগ্রেডে পাইরো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে এবং 316° সেন্টিগ্রেডে মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2H_3PO_4 = H_4P_2O_7+H_2O$$



$$H_4P_2O_7 = 2HPO_3+H_2O$$

(iii) ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের অণুতে (H_3PO_4) তিনটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। ইহা ত্রি-ক্ষারিক (tribasic) অ্যাসিড। সুতরাং ইহা তিন রকমের লবণ উৎপন্ন করে। ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের লবণকে **ফস্‌ফেট** (phosphate) বলে।

একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইলে উৎপন্ন লবণকে প্রাইমারী (primary) ফস্‌ফেট, দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইলে উৎপন্ন লবণকে সেকেণ্ডারী (secondary) ফস্‌ফেট এবং তিনটি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইলে লবণকে টারসিয়ারী (tertiary) ফস্‌ফেট বলে। প্রাইমারী ফস্‌ফেট এবং সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট অ্যাসিড-লবণ (acid salt), কারণ হাইড্রোজেন-পরমাণুগুলির আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা ইহারা উৎপন্ন হইয়াছে। টারসিয়ারী ফস্‌ফেট নর্মাল লবণ (normal salt)।

H_3PO_4 হইতে উৎপন্ন বিভিন্ন লবণের সংকেত কিরূপে লেখা যায় তাহা নিম্নে দেখান হইল।

একযোজী ধাতুর লবণ যথা, সোডিয়ামের লবণ—

NaH_2PO_4—সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট, প্রাইমারী ফস্‌ফেট ; অ্যাসিড লবণ।

Na_2HPO_4—ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট, সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট ; অ্যাসিড লবণ।

Na_3PO_4—ট্রাই-সোডিয়াম ফস্‌ফেট বা সংক্ষেপে সোডিয়াম ফস্‌ফেট, টারসিয়ারী ফস্‌ফেট ; নর্মাল লবণ।

দ্বিযোজী ধাতুর লবণ যথা, ক্যালসিয়ামের লবণ—

যোজ্যতার হিসাবে, 1 Ca-পরমাণু ≡ 2 H-পরমাণু

∴ $\frac{1}{2}$ Ca-পরমাণু ≡ 1 H-পরমাণু

∴ $\frac{3}{2}$ Ca-পরমাণু ≡ 3 H-পরমাণু

প্রাইমারী ফস্‌ফেট—এক অণু অ্যাসিডের একটি H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া প্রাইমারী ফস্‌ফেট উৎপন্ন হয়। একটি H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইতে পারে $\frac{1}{2}$ Ca-পরমাণু দ্বারা। সুতরাং ক্যালসিয়ামের প্রাইমারী ফস্‌ফেটের সংকেত লেখা যায় $Ca_{\frac{1}{2}}(H_2PO_4)$ রূপে। যেহেতু পরমাণুর ভগ্নাংশ হইতে পারে না সেইজন্য 2 দ্বারা গুণ করিয়া আমরা পাই, $Ca(H_2PO_4)_2$। সুতরাং ক্যালসিয়ামের প্রাইমারী ফস্‌ফেটের সংকেত $Ca(H_2PO_4)_2$।

সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেট—এক অণু H_3PO_4-এর দুইটি H-পরমাণু একটি দ্বিযোজী Ca-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

সুতরাং সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটের সংকেত, $CaHPO_4$।

টারসিয়ারী ফস্‌ফেট—একঅণু H_3PO_4-এর তিনটি H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইতে পারে $\frac{3}{2}$ Ca-পরমাণু দ্বারা। সুতরাং টারসিয়ারী ফস্‌ফেটের সংকেত $Ca_{\frac{3}{2}}(PO_4)$ অর্থাৎ $Ca_3(PO_4)_2$।

ত্রিযোজী ধাতুর (M) লবণ—

যোজ্যতার হিসাবে, ত্রিযোজী ধাতুটির (M) 1পরমাণু ≡ 3 H-পরমাণু

∴ $\frac{1}{3}$ M-পরমাণু ≡ 1 H-পরমাণু

∴ $\frac{2}{3}$ M-পরমাণু ≡ 2 H-পরমাণু

সুতরাং প্রাইমারী ফস্‌ফেটের সংকেত, $M_{\frac{1}{3}}(H_2PO_4)$ অর্থাৎ $M(H_2PO_4)_3$,

সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটের সংকেত $M_2^{I}(HPO_4)$ অর্থাৎ $M_2(HPO_4)_3$ এবং টারসিয়ারী ফস্‌ফেটের সংকেত MPO_4।

ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট উপযুক্ত পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া ফস্‌ফেট লবণগুলি প্রস্তুত করা হয়।



$$H_3PO_4 + NaOH = Na_2HPO_4 + H_2O$$

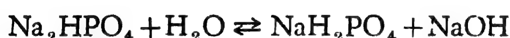


$$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$$

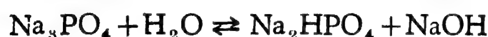


$$H_2PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$$

প্রাইমারী ফস্‌ফেটের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী, ইহা নীল লিটমাস লাল করে। সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটের জলীয় দ্রবণ অতি মৃদু ক্ষারধর্মী (প্রায় প্রশম); টারসিয়ারী ফস্‌ফেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী। জলের সহিত বিক্রিয়ার জন্য (আদ্র-বিশ্লেষণ) এইরূপ হয়।



$$Na_2HPO_4 + H_2O \rightleftharpoons NaH_2PO_4 + NaOH$$



$$Na_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons Na_2HPO_4 + NaOH$$

প্রাইমারী ফস্‌ফেট ও সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটকে উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া জল নির্গত হয়। টারসিয়ারী ফস্‌ফেট উত্তাপে অপরিবর্তিত থাকে।



$$NaH_2PO_4 = H_2O + NaPO_3$$ (সোডিয়াম মেটাফস্‌ফেট)



$$2Na_2HPO_4 = H_2O + Na_4P_2O_7$$ (সোডিয়াম পাইরোফস্‌ফেট)

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের ধর্মগুলি সাধারণভাবে আলোচনা করিলে দেখা যায় যে, উহাদের মধ্যে অনেক সাদৃশ্য রহিয়াছে। অবশ্য কিছু কিছু বৈসাদৃশ্যও দেখা যায়।

(1) নাইট্রোজেন একটি অধাতব গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ। ইহা নিষ্ক্রিয় এবং প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

ফস্‌ফরাস অধাতব কঠিন মৌলিক পদার্থ। ইহা সক্রিয় এবং প্রকৃতিতে যৌগিক পদার্থরূপে থাকে।

(2) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14, ফস্‌ফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব 31।

(3) উভয় মৌলিক পদার্থের বহুরূপতা আছে। সাধারণ নাইট্রোজেন এবং সক্রিয় (active) নাইট্রোজেন ইহার রূপভেদ। সাদা ফস্‌ফরাস ও লাল ফস্‌ফরাস, এই দুইটি ফস্‌ফরাসের প্রধান রূপভেদ।

(4) উভয়েরই পরিবর্তনশীল যোজ্যতা আছে।

(5) নাইট্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, ফস্‌ফরাস অণু চতুর্পরমাণুক।

(6) হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেনের সহিত ফস্‌ফরাস ফস্‌ফিন গ্যাস (PH_3) উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়া স্থায়ী প্রাকৃতিক ক্ষারীয় যৌগিক পদার্থ, জলে দ্রাব্য, ইহার জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। অপরপক্ষে, ফস্‌ফিন অস্থায়ী প্রকৃতির যৌগিক পদার্থ। ইহা মৃদু ক্ষারধর্মী, জলে সামান্য দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাসের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।

হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের আরও দুইটি যৌগ আছে। যথা, N_2H_4 (হাইড্রাজিন) এবং N_3H (হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড)। P_2H_4 (ফস্‌ফরাস ডাই-হাইড্রাইড) ফস্‌ফরাসের সহিত হাইড্রোজেনের আরেকটি যৌগ। সুতরাং হাইড্রাইড যৌগ গঠনে উহাদের সাদৃশ্য আছে।

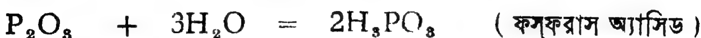
(7) উভয় মৌলই অক্সিজেনের সহিত একাধিক অক্সাইড গঠন করে। অক্সাইডগুলি—

N_2O_3—নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড
N_2O_5—নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড
P_2O_3—ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড
P_2O_5—ফস্‌ফরাস পেন্টক্সাইড

এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিডীয়। জলের সহিত বিভিন্ন অ্যাসিড উৎপন্ন করে।


$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)


$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)


$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফস্‌ফরাস অ্যাসিড)


$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3HO_4$ (ফস্‌ফরিক অ্যাসিড)

NO_2, N_2O, NO—এইগুলি নাইট্রোজেনের আরও তিনটি অক্সাইড। NO_2 অ্যাসিডীয় এবং N_2O ও NO প্রশম অক্সাইড। P_2O_4, ফস্‌ফরাসের আরেকটি অ্যাসিডীয় অক্সাইড।

(8) উভয়ই ক্লোরিনের সহিত ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। যথা,

NCl_3—নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড (তরল পদার্থ)

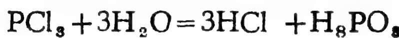
PCl_3—ফস্‌ফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড (তরল পদার্থ)

PCl_5—ফস্‌ফরাস পেণ্টাক্লোরাইড (কঠিন পদার্থ)

এই ক্লোরাইডগুলি অস্থায়ী এবং সহজেই জলের সংস্পর্শে বিযোজিত হয় (আদ্র´-বিশ্লেষণ)।



$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$$



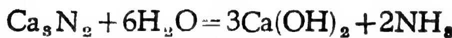
$$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$$

(9) ধাতুর সহিত যৌগ—

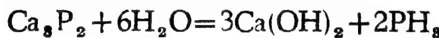
Ca_3N_2—ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড

Ca_3P_2—ক্যালসিয়াম ফস্‌ফাইড

ধাতব যৌগগুলি আদ্র´-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া বা ফস্‌ফিন গ্যাস উৎপন্ন করে।



$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$



$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

(10) সালফারের সহিত সালফাইড যৌগ গঠন করে।

N_2S_5—নাইট্রোজেন পেণ্টাসালফাইড (লাল তরল পদার্থ)

P_2S_5—ফস্‌ফরাস পেণ্টাসালফাইড (হাল্‌কা হলুদ কঠিন পদার্থ)

নাইট্রোজেনের সহিত ফস্‌ফরাসের ধর্মের সাদৃশ্যের জন্য ফসফরাসকে নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সগোত্র (chemical analogue) বলা হয়।

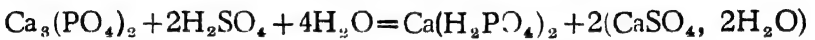
ফস্‌ফেট সার

জমির উর্বরা শক্তি বৃদ্ধির জন্য নাইট্রোজেন-ঘটিত সার ব্যবহারের কথা উল্লেখ করা হইয়াছে। নাইট্রোজেনের ন্যায় ফস্‌ফরাসও উদ্ভিদের পক্ষে খুব প্রয়োজনীয় মৌল। এইজন্য জীবজন্তুর হাড়ের ও খনিজ পদার্থের ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট এবং লৌহ নিষ্কাশন প্রক্রিয়ায় যে ক্যালসিয়াম-ঘটিত ফস্‌ফেট ও বিভিন্ন যৌগ ক্ষারকীয়-ধাতুমলরূপে (basic slag) পাওয়া যায় তাহা ব্যবহার করা হয়। কিন্তু ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট জলে আদ্রাব্য বলিয়া উদ্ভিদ সহজে মাটি হইতে উহা গ্রহণ

করিতে পারে না। এইজন্য অধিকতর দ্রাব্য ফস্‌ফেট-সার ব্যবহার করা হয়। সুপার ফসফেট অব লাইম (Superphosphate of lime) এইরূপ একটি সার।

সুপার-ফস্‌ফেট অব্‌ লাইম-প্রস্তুতি

চূর্ণ খনিজ ফস্‌ফেটের (যথা ফস্‌ফোরাইট, অ্যাপাটাইট) সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড (60—70%) উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটি দুই একদিন রাখিয়া দেওয়া হয়। উৎপন্ন মিশ্র পদার্থটি শুষ্ক ও চূর্ণ করা হয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি ঘটে।



$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4+4H_2O=Ca(H_2PO_4)_2+2(CaSO_4,\ 2H_2O)$$

ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট — সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট

ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট (দ্রাব্য) ও সোদক ক্যালসিয়াম সালফেটের মিশ্রণ হইল **সুপার-ফস্‌ফেট অব্‌ লাইম**।

খনিজ ফস্‌ফেটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ঐরূপে মিশ্রিত করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহার নাম ট্রিপল সুপার ফস্‌ফেট (triple superphosphate), নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহার নাম নাইট্রেটেড সুপার-ফস্‌ফেট (nitrated superphosphate)। সুপার-ফস্‌ফেটকে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া অ্যামোনিয়েটেড সুপার-ফস্‌ফেট (ammoniated superphosphate) প্রস্তুত করা হয়। নাইট্রোজেন-ঘটিত সুপার-ফস্‌ফেট সার হিসাবে অধিকতর কার্যকরী। কারণ, ইহাতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাস উভয়ই আছে।

আর্সেনিক

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের সদৃশ আরেকটি মৌলিক পদার্থ হইতেছে আর্সেনিক। ইহার সংকেত As, পারমাণবিক গুরুত্ব 74·9। আর্সেনিকের মধ্যে অধাতুর ও ধাতুর বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। তাই ইহাকে **ধাতুকল্প** (metalloid) বলে।

আর্সেনিক প্রকৃতিতে যৌগিক পদার্থরূপে থাকে। ইহার বহুরূপতা আছে। ধূসর আর্সেনিক, হলুদ আর্সেনিক ও কালো আর্সেনিক, এই তিনটি ইহার রূপভেদ। আর্সেনিকের যোজ্যতা তিন ও পাঁচ।

আর্সেনিকের হাইড্রাইডের নাম আর্সিন, AsH_3। ইহা জলে অদ্রাব্য গ্যাস, এবং ইহার ক্ষারকীয় ধর্ম নাই।

আর্সেনিকের অক্সাইড দুই রকমের—

আর্সেনিক ট্রাই-অক্সাইড বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড, As_2O_3

আর্সেনিক পেন্টক্সাইড বা আর্সেনিক অক্সাইড, As_2O_5

আর্সেনিয়াস অক্সাইড সাদা পাউডার, জলে সামান্য দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে আর্সেনিয়াস অ্যাসিড থাকে। ইহা ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিড।



$$As_2O_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2H_3AsO_3$$

আর্সেনিক অক্সাইড উদগ্রাহী কঠিন এবং জলে দ্রবীভূত হইয়া আর্সেনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ইহা ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিড।



$$As_2O_5 + 3H_2O = 2H_3AsO_4$$

আর্সেনিয়াস অ্যাসিডের লবণের নাম **আর্সেনাইট** (arsenite) এবং আর্সেনিক অ্যাসিড়ের লবণের নাম **আর্সেনেট** (arsenate)। যথা.

সোডিয়াম আর্সেনাইট, Na_3AsO_3

সিলভার আর্সেনাইট, Ag_3AsO_3

সোডিয়াম আর্সেনেট, Na_3AsO_4

ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন আর্সেনেট, Na_2HAsO_4

সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন আর্সেনেট, NaH_2AsO_4

আর্সেনিক ও আর্সেনিক-ঘটিত লবণ বিষাক্ত। উজ্জ্বল সবুজবর্ণের কিউপ্রিক কপারের লবণকে [$CuHAsO_3$ বা $Cu_3(AsO_3)_2$, $2H_2O$] শিলের গ্রীন (Sheele's green) বলে। ইহা সবুজ রঞ্জকরূপে এবং কীটাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। কপার আর্সেনাইট ও অ্যাসিটেটের মিশ্রণ (Paris green) তৈলচিত্রে ব্যবহৃত হয়। ফল-ফুলের বাগানের ও কৃষিক্ষেত্রের আগাছা নির্মূল করিবার জন্য সোডিয়াম আর্সেনাইট এবং লেড আর্সেনেট, $Pb_3(AsO_4)_2$, ব্যবহৃত হয়।

বস্ত্রশিল্পে এবং ক্যালিকো প্রিন্টিং-এর কাজে ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন আর্সেনেট ব্যবহৃত হয়।

আর্সেনিকের ক্লোরাইড—আর্সেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড, $AsCl_3$।

আর্সেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড তৈলাক্ত পদার্থ। জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



$$2AsCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons As_2O_3 + 6HCl$$

আর্সেনিক ধাতুর সহিত ধাতব আর্সেনাইড (arsenide) গঠন করে।

সোডিয়াম আর্সেনাইড, Na_3As ; জিঙ্ক আর্সেনাইড, Zn_3As_2

আর্সেনিকের সালফাইড হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। যথা,

আর্সেনিক ট্রাই-সালফাইড, As_2S_3 ; আর্সেনিক পেণ্টা-সালফাইড, As_2S_5

অতএব, দেখা যায় যে যৌগিক পদার্থ গঠনে এবং ধর্মে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের সহিত আর্সেনিকেরও সাদৃশ্য আছে। এইজন্য আর্সেনিককে নাইট্রোজেন-ফস্‌ফরাস গোষ্ঠীর মৌল বলিয়া মনে করা হয়।

অনুশীলনী 7

1. ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ঘটিত খনিজ হইতে কিরূপে সাদা ফস্‌ফরাস পাওয়া যায়? সাদা ফস্‌ফরাস হইতে কিরূপে (a) লাল ফস্‌ফরাস, (b) ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড, (c) অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড পাইবে?

1. How is white phosphorus obtained from a mineral containing calcium phosphate ? Starting with white phosphorus how would you obtain (a) red phosphorus, (b) phosphorus pentoxide, (c) ortho-phosphoric acid ? [H. S. Exam. 1961 ; 1964 (Comp.) ; 1971]

2. অস্থি-অঙ্গার এবং অস্থি-ভস্ম কাহাকে বলে? অস্থি-ভস্ম হইতে ফস্‌ফরাস অ্যাসিড, অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড এবং ফস্‌ফরাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। বহুরূপতা কাহাকে বলে?

2. What are (i) bone black, (ii) bone ash ? Starting from bone ash describe the preparation of : phosphorus and orthophosphoric acid and white phosphorous. [H. S. Exam. 1962 ; '69]

What do you understand by allotropy ?

[H. S. Exam. 1965 (Comp.)]

3. ফস্‌ফেট-ঘটিত খনিজ হইতে (a) লাল ফস্‌ফরাস এবং (b) অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। সুপার ফস্‌ফেট অব্ লাইম কি এবং উহার ব্যবহার কি?

একটি আর্সেনেট এবং একটি আর্সেনাইটের সংকেত লিখ এবং উহাদের একটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. Starting from a phosphatic mineral describe how you could prepare (a) red phosphorus, (b) ortho-phosphoric acid. What is superphosphate of lime and what is its use ? Give the formula of an arsenate and an arsenite and state one use of either of these. [H. S. Exam. 1963 (Comp.)]

4. সাদা ফস্‌ফরাস এবং লাল ফস্‌ফরাসের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলির তুলনা কর। ফস্‌ফরাসের প্রতিটি রূপকে অপর রূপটিতে কিরূপে পরিণত করা যায় ?

4. Compare the physical and chemical properties of white and red phosphrous. How may each form be converted into the other ? [H. S. Exam. 1964 (Comp.)]

5. অস্থি-অঙ্গার হইতে কিরূপে (a) অর্থো-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, (b) হলুদ ফস্‌ফরাস এবং (c) লাল ফস্‌ফরাস প্রস্তুত করিবে ? সুপার ফস্‌ফেট অব লাইম কি এবং উহার ব্যবহার কি ?

5. Starting from bone black, how could you prepare (a) ortho-phosphoric acid, (b) yellow phosphorus, (c) red phosphorus ? What is superphosphate of lime and what is its use ?

[H. S. Exam. 1965 (Comp.) ; '70 (Comp.]

6. সাদা ফস্‌ফরাসকে কিরূপে লাল ফস্‌ফরাসে এবং লাল ফস্‌ফরাসকে কিরূপে সাদা ফস্‌ফরাসে পরিণত করা হয় ? সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফস্‌ফরাসের বিক্রিয়ায় কি ঘটে ? ফস্‌ফরাস এবং সুপার ফস্‌ফেটের একটি ব্যবহার করিয়া উল্লেখ কর।

6. How is white phosphorus converted into red phosphorus and vice-versa ? What happens when phosphorus is treated with (a) sodium hydroxide, (b) nitric acid ? Mention the uses of phosphorus and superphosphate (only one use of each).

[H. S. Exam. 1967 (Comp.) ; 1971]

7. সাদা ফস্‌ফরাস ও লাল ফস্‌ফরাস যে একই মৌলিক পদার্থের রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ?

7. How would you show that white phosphorus and red phosphorus are the allotropic modifications of the same element ?

8. সাদা ফস্‌ফরাস যে লাল ফস্‌ফরাস অপেক্ষা বেশী সক্রিয় তাহা দেখাইয়া কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

8. Describe experiments to show that white phosphorus is more reactive than red phosphorus.

9. ফস্‌ফরাসকে নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সমগোত্ররূপে গণ্য করিবার পক্ষে যুক্তি দাও।

9. Give reasons for considering phosphorus as a chemical analogue of nitrogen. [H S Exam. 1961 (Comp.)]

10 (a) অতিরিক্ত শুষ্ক অক্সিজেনে ফস্‌ফরাস দহন করিলে, এবং (b) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফস্‌ফরাস ফুটাইলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? সমীকরণ লিখ। উৎপন্ন পদার্থ দুইটির মধ্যে সম্পর্ক কি ?

10. What substances are formed when phosphorus is (a) burnt in excess of dry oxygen, (b) boiled with conc. nitric acid ? Give equations. What is the relation between the substances formed ?

11. ফস্‌ফরাস হইতে ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা যায় বর্ণনা কর। উহাদের ব্যবহার কি ?

11. Briefly state how phosphorus trioxide and phosphorus pent-oxide may be prepared from phosphorus. What are their important properties ?

12. নিম্নলিখিত যৌগসমূহে P_2O_5-এর শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

(a) H_3PO_4, (b) $Ca_3(PO_4)_2$, (c) $Na_2HPO_4, 10H_2O$

12. Calculate the percentage of P_2O_5 in

(a) H_3PO_4, (b) $Ca_3(PO_4)_2$, (c) $Na_2HPO_4, 12H_2O$

[Ans. (a) 72·44%, (b) 45·8%, (c) 19·183%]

13. পটাসিয়াম, ফস্‌ফরাস এবং অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থে 140·4 গ্রাম K, 37·2 গ্রাম P এবং 76·8 গ্রাম O আছে। ইহার সরল সংকেত নির্ণয় কর।

13. A compound containing potasium, phosphorus and oxygen was found to contain 140·4 g.K, 37·2 g.P, and 76·8 g.O. Find the simplest formula of the compound. [Ans. K_3PO_4]

14. নিম্নলিখিত শতকরা সংযুক্তি-বিশিষ্ট যৌগিক পদার্থের স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

Na=19·16 ; H=1·66 ; P=25·83

14. Find the empirical formula of the compound having the following percentage composition.

Na=19·16 ; H=1·66 ; P=25·83 [Ans. NaH_2PO_4]

15. ফস্‌ফরাসের দুইটি ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 77 45% এবং 85·11%। ইহা কোন্ রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের উদাহরণ ? যুক্তিসহ লিখ।

15. What chemical law is illustrated by the fact that the two chlorides of phosphorus contain respectively 77·45% and 85·11% of chlorine. Give reasons for your answer.

অধ্যায় ৪

কার্বন ও উহার অক্সাইড

(Carbon and its Oxide)

হীবক ও অঙ্গাররূপে কার্বন বহুকাল হইতেই জানা ছিল। মুক্ত অবস্থায় এবং অন্যান্য মৌলের সহিত যুক্ত অবস্থায় কার্বন প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে আছে। হীরক ও গ্রাফাইটরূপে কার্বন মুক্ত অবস্থায় আছে। কয়লার অধিকাংশই মৌলিক কার্বন। প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের অপরিহার্য উপাদান এই কার্বন। যুক্ত অবস্থায় ইহা কার্বো-হাইড্রেট, প্রোটিন, স্নেহজাতীয় পদার্থ, খনিজ তৈল ও বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন এবং বায়ুব কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে। চুনাপাথর, মার্বেল, খড়িমাটি, ডোলোমাইট ইত্যাদি খনিজ পদার্থগুলি কার্বনের যৌগিক পদার্থ।

মৌলিক পদার্থ হিসাবে কার্বনের বৈশিষ্ট্য আছে। ইহা অসংখ্য যৌগিক পদার্থ গঠন করে। কার্বন ব্যতীত অন্য কোন মৌলিক পদার্থের এত সংখ্যক যৌগিক পদার্থ নাই। কার্বনের এই বিপুল সংখ্যক যৌগিক পদার্থেব আলোচনার জন্য **জৈব রসায়ন** (Organic chemistry) নামে রসায়নের একটি শাখা নির্দিষ্ট হইয়াছে।

কার্বনের আরও একটি বৈশিষ্ট্য আছে। ইহা হইতেছে কার্বনের বহুরূপতা (allotropy)। কার্বনের রূপভেদগুলির আকৃতিতে ও ধর্মে এরূপ পার্থক্য দেখা যায় যে উহারা যে একই মৌলিক পদার্থ তাহা সহজে মনে হয় না। মূল্যবান হীরক এবং কাঠকয়লা বা ভূসাকালিকে একই পদার্থ বলিয়া মনে হয় না। কিন্তু হীরক, কাঠকয়লা, ভূসাকালি সকলেই একই মৌলিক পদার্থ কার্বনের বিভিন্ন রূপ।

কার্বনের রূপভেদগুলিকে প্রধানত দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যথা, **স্ফটিকাকার** (crystalline) এবং **অনিয়তাকার** (amorphous)।

স্ফটিকাকার রূপভেদ দুইটি—

(1) হীরক বা ডায়মণ্ড (diamond) এবং গ্রাফাইট (graphite)

অনিয়তাকার কার্বনের রূপভেদগুলি—

(2) অঙ্গার বা চারকোল (charcoals)—

উৎস অনুসারে বিভিন্ন রকমের অঙ্গার আছে। যথা,—

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা কাঠকয়লা (wood charcoal), শর্করা অঙ্গার (sugar charcoal) এবং প্রাণিজ অঙ্গার (animal charcoal),

(3) ভূসাকালি বা ঝুল (lampblack or soot),

(4) কোক (coke),

(5) গ্যাস কার্বন (gas carbon)।

হীরক

খনিজ পদার্থ হীরক ব্রেজিল, দক্ষিণ আফ্রিকা, আমেরিকা, রাশিয়ার ইউরাল পর্বতমালায় এবং ভারতে গোলকুণ্ডায় পাওয়া যায়।

হীরক মাটির নীচে বালি ও পাথরের নুড়ির সহিত মিশ্রিত থাকে। খনি হইতে তুলিয়া বড় বড় টুকরাগুলিকে কিছুদিন জলবায়ুতে ফেলিয়া রাখা হয়। ইহাতে বড় টুকরাগুলির কিছুটা ভাঙ্গিয়া যায়। যন্ত্রের সাহায্যে টুকরাগুলিকে আরও ছোট করিয়া জলের সহিত মিশান হয় এবং একটি চর্বি মাখানো টেবিলের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ছোট ছোট হীরকের টুকরাগুলি ভারী বলিয়া জলের নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং চর্বিতে আটকাইয়া যায়। এইরূপে হীরক সংগ্রহ করা হয়।

ময়সাঁ (Moissan) 1893 খৃস্টাব্দে কৃত্রিম উপায়ে হীরক তৈয়ারী করিয়াছিলেন। একটি কার্বনের মুচিতে লোহা ও শর্করা অঙ্গার লইয়া মিশ্রণটিকে তড়িতের সাহায্যে 3000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। অঙ্গার গলিত লোহায় দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণ গলিত লেডের মধ্যে ডুবাইয়া তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করা হয় (327°C)। কার্বন ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের স্ফটিকরূপে পৃথক হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে লোহা দ্রবীভূত করিয়া হীরক পৃথক করা হয়। কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত হীরক খুবই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণারূপে পাওয়া যায়। ইহার ধর্ম প্রাকৃতিক হীরকের ধর্মের ন্যায়। কিন্তু ইহা খুবই ক্ষুদ্র এবং তৈয়ারী করিতে বেশী খরচ পড়ে বলিয়া এই পদ্ধতি প্রচলিত হয় নাই।

ধর্ম—(i) বিশুদ্ধ হীরক বর্ণহীন স্বচ্ছ কেলাসিত কঠিন পদার্থ। সামান্য পরিমাণে অন্য পদার্থ মিশ্রিত থাকিয়া ইহা লাল, সবুজ, নীল, হলুদ বর্ণের হয়।

(ii) কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা ভারী। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·52।

(iii) হীরক তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না। হীরকের মধ্য দিয়া রঞ্জন-রশ্মি অতিক্রম করে।

(iv) ইহা অত্যন্ত শক্ত পদার্থ।

(v) হীরক সহজে কোন রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। বায়ুতে

বা অক্সিজেনে অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $C+O_2=CO_2$.

ব্যবহার (*i*) উজ্জ্বল দ্যুতির জন্য ইহা রত্নরূপে ব্যবহৃত হয়।

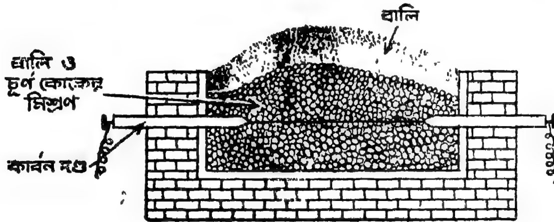
(ii) অত্যন্ত শক্ত বলিয়া ইহা কাচ ও পাথর কাটার কাজে ব্যবহৃত হয়। কালো স্বচ্ছ হীরকের নাম কার্বোনেডো (carbonado) এবং বোর্ট (bort)। রত্ন হিসাবে ইহাদের মূল্য নাই। পাথর কাটিবার জন্য, হীরক কাটিবার জন্য এবং পালিশের কাজে ঐগুলি ব্যবহৃত হয়।

গ্রাফাইট

সাইবেরিয়া, সিংহল, ইটালী ও যুক্তরাষ্ট্রে গ্রাফাইট খনিজরূপে পাওয়া যায়। ইহাকে প্লাম্বাগো (plumbago) বা কালো সীসা (black lead) বলে।

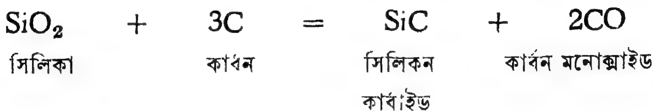
অ্যাকেসন (Acheson) পদ্ধতিতে কৃত্রিম গ্রাফাইট প্রস্তুত করা যায়।

বালি (সিলিকা) ও চূর্ণ-কোকের মিশ্রণকে তড়িৎ-চুল্লীতে কার্বন-দণ্ডের সাহায্যে 3000-3500° সেন্টিগ্রেডে 25 হইতে 30 ঘণ্টা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণটি বালি দিয়া ঢাকা থাকে। বিক্রিয়ায়

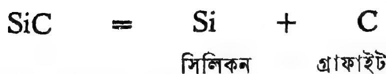


চিত্র 44—কৃত্রিম উপায়ে গ্রাফাইট প্রস্তুতি

সিলিকন কার্বাইড উৎপন্ন হয়। সিলিকন কার্বাইড বিয়োজিত হইয়া গ্রাফাইট ও সিলিকন উৎপন্ন করে। উচ্চ তাপমাত্রায় সিলিকন বাষ্পীভূত হয় এবং গ্রাফাইট অবশিষ্ট থাকে।



$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$$



$$SiC = Si + C$$

ধর্ম—(i) গ্রাফাইট ধূসর বর্ণের স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ।

(ii) ইহা ধাতুর ন্যায় উজ্জ্বল। তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহক। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·25।

(iii) ইহা নরম এবং স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল লাগে। কাগজে ঘষিলে কালো দাগ পড়ে।

(iv) অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ($700^\circ C$) ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $C+O_2=CO_2$।

ব্যবহার—(i) লেড পেন্সিলের সীস এবং পিচ্ছিলকারক তৈলের (lubricating oil) উপাদান হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) তড়িৎ-চুল্লীতে ও তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-দ্বার (electrode)-রূপে ব্যবহৃত হয়। (iii) উত্তাপসহ বড় বড় মুচি (plumbago crucible) তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অঙ্গার বা চারকোল (charcoals)

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা কাঠকয়লা—আবদ্ধ লোহার রিটর্টে কাঠের টুকরা রাখিয়া $340^\circ-400^\circ$ সেন্টিগ্রেডে প্রায় 30 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত করিবার সময় ইহা বায়ুর সংস্পর্শে আসিতে পারে না। এই পদ্ধতিকে অন্তর্ধূম-পাতন (destructive distillation) বলা হয়। পাতনের ফলে উৎপন্ন উদ্বায়ী পদার্থগুলি রিটর্টের নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং ঠাণ্ডা করিয়া উহা হইতে নানাবিধ পদার্থ সংগ্রহ করা হয়। সে সম্পর্কে পরে জানিবে। রিটর্টে যে অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহা কাঠকয়লা।

শর্করা অঙ্গার—ইক্ষু-শর্করা (cane sugar) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ। ইহার সংকেত $C_{12}H_{22}O_{11}$। আবদ্ধ পাত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে বিশুদ্ধ ইক্ষু-শর্করা উত্তপ্ত করা হয়। সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থ বাহির হইয়া গেলে অবশেষকে ক্লোরিন-প্রবাহে 1000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অবশিষ্ট যুক্ত হাইড্রোজেন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডরূপে অপসারিত হয়। ইহাকে অতঃপর জলে ধৌত করিয়া হাইড্রোজেনপ্রবাহে শুষ্ক করা হয়।

ইক্ষু-শর্করার গাঢ় জলীয় দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে জল শোষিত হয় এবং কালো অঙ্গার পৃথক হয়। ইহাকে জলে ধৌত করিয়া এবং ফিল্টার করিয়া শুষ্ক করা হয়।



$C_{12}H_{22}O_{11}$ (ইক্ষু-শর্করা) $=12C+11H_2O$

শর্করা অঙ্গার সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ কার্বন।

নারিকেল মালাকে অন্তর্ধূম-পাতন করিলে যে অঙ্গার পাওয়া যায় তাহা খুব

সক্রিয়। জিঙ্ক ক্লোরাইড বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত কাঠের অন্তর্ধূম-পাতনের দ্বারা **সক্রিয়** বা **উজ্জীবিত অঙ্গার** (activated charcoal) পাওয়া যায়। সক্রিয় অঙ্গারের শোষণ-ক্ষমতা খুব বেশী।

প্রাণিজ অঙ্গার—জীবজন্তুর হাড়ের অন্তর্ধূম-পাতনের দ্বারা প্রাণিজ অঙ্গার তৈয়ারী করা হয়। ইহার প্রস্তুতি অস্থি-ভস্ম তৈরারী প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে (151 পৃষ্ঠা দেখ। রিটর্টের কালো পদার্থ খনিজ অঙ্গার। ইহাকে অস্থি-অঙ্গার (bone charcoal) বা বোন্-ব্ল্যাক (bone black)-ও বলে। ইহা ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট এবং অঙ্গারের মিশ্রণ। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে গরম করিয়া ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট দ্রবীভূত করিয়া যে অঙ্গার পাওয়া যায় তাহার নাম আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black)।

রক্তের অন্তর্ধূম-পাতনে প্রাপ্ত অঙ্গারকে **রক্ত অঙ্গার** (blood charcoal) বলে।

ভূসাকালি বা ঝুল

কেরোসিন, তারপিন তেল, বেনজিন, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি কার্বনবহুল পদার্থগুলি অল্প বায়ুতে পোড়াইলে প্রচুর ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। এই ধোঁয়া কোন ঠাণ্ডা পাত্রের গায়ে জমা করিলে ভূসাকালি বা ঝুল পাওয়া যায়।

কোক—রিটর্টে কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন করিলে উহা হইতে উদ্বায়ী পদার্থগুলি বাহির হইয়া যায়। রিটর্টে যে কালো অনুদ্বায়ী পদার্থ পড়িয়া থাকে তাহা **কোক**। খুব উচ্চ তাপমাত্রায় অন্তর্ধূম-পাতন করিলে **শক্ত কোক** (hard coke) উৎপন্ন হয়। অপেক্ষাকৃত নিম্ন তাপমাত্রায় যে কোক পাওয়া যায় তাহা **নরম কোক** (soft coke)।

গ্যাস কার্বন—কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনের ফলে রিটর্টের মধ্যের দেওয়ালে যে কালো ও শক্ত আস্তরণ সঞ্চিত হয় তাহা গ্যাস কার্বন।

খনিজ কয়লা (Mineral coal)—কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনের দ্বারা কোল গ্যাস প্রস্তুতির সময় কোক, গ্যাস কার্বন, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি পদার্থ উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। কয়লা হইতেছে উদ্ভিদ-জাত কার্বনযুক্ত খনিজ পদার্থ। কয়লাতে কার্বন ব্যতীত হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার ইত্যাদি আছে। প্রাচীনকালে বড় বড় উদ্ভিদ প্রাকৃতিক কারণে মাটির নীচে চাপা পড়িয়া যায়। উপরের ভূত্বকের চাপে ও ভূগর্ভের উত্তাপে বায়ুহীন অবস্থায় ধীরে ধীরে এগুলি কয়লায় পরিণত হইয়াছে। কয়লার পরিণতির বিভিন্ন স্তরে উহাতে কার্বনের পরিমাণ ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে। উদ্ভিদ হইতে কয়লায় পরিবর্তনের প্রাথমিক স্তর হইতেছে পিট কয়লা (peat)

—ইহাতে শতকরা 60 ভাগ কার্বন থাকে। পরবর্তী স্তর লিগনাইট কয়লায় (lignite) কার্বনের শতকরা মাত্রা 67 ভাগ। জ্বালানি ক্ষমতা কম বলিয়া ইহাদের বেশি ব্যবহার নাই। বিটুমিনাস কয়লা বা সাধারণ কয়লায় (bituminous coal) শতকরা 88·4 ভাগ কার্বন থাকে—ইহা লিগনাইটের পরবর্তী রূপ। কয়লার শেষ রূপ হইল অ্যানথ্রাসাইট কয়লা (anthracite)। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ 91% এবং ইহার জ্বালানি ক্ষমতা সর্বাধিক।

জ্বালানি হিসাবে এবং কোল গ্যাস প্রস্তুতিতে কয়লা ব্যবহৃত হয়। অ্যানথ্রাসাইট কয়লা ধাতু নিষ্কাশনেও ব্যবহৃত হয়।

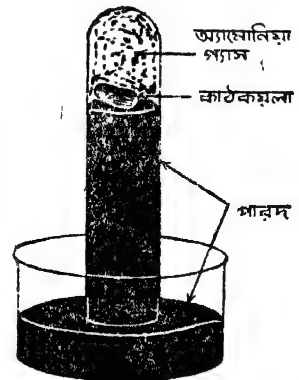
অঙ্গারের ধর্ম—

(i) অঙ্গার কালো অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ, জলে অদ্রাব্য।

(ii) অঙ্গার খুব সচ্ছিদ্র (porous), ইহার অসংখ্য ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে। আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4 – 1·9 এর মধ্যে হইলেও ইহার ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ বলিয়া ইহা জলে ভাসে।

(iii) সচ্ছিদ্রতার জন্য অঙ্গার গ্যাস শোষণ করিতে পারে। উত্তপ্ত করিলে এই শোষিত গ্যাস বাহির হইয়া যায়। দ্রবণ হইতে দ্রবীভূত পদার্থ শোষণ করিবার ক্ষমতাও ইহার আছে।

পরীক্ষা 8.1. : এক মুখ বন্ধ একটি মোটা কাচ-নলে পারদের উপর অ্যামোনিয়া সংগ্রহ কর। এক টুকরা কাঠকয়লা উত্তপ্ত করিয়া উহার ছিদ্রের মধ্য হইতে বায়ু বাহির করিয়া দাও। অতঃপর উহাকে পারদের মধ্য দিয়া কাচ-নলে প্রবেশ করাও। দেখ, পারদ কাচ-নলের মধ্যে উপর দিকে উঠে এবং কাচ-নল পারদে ভর্তি হইয়া যায়। অঙ্গার অ্যামোনিয়াকে শোষিত করে বলিয়া শূন্যতার সৃষ্টি হয় এবং পারদ ঐ শূন্যস্থান পূরণ করে।



চিত্র 45—অঙ্গারের গ্যাস শোষণ পরীক্ষা

অঙ্গার এইরূপে ক্লোরিন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড ইত্যাদি গ্যাস শোষণ করিতে পারে। উজ্জীবিত কাঠ-কয়লার শোষণ-ক্ষমতা আরও বেশী।

পরীক্ষা 8.2 : বাদামী বর্ণের অপরিষ্কার চিনির জলীয় দ্রবণের সহিত প্রাণিজ অঙ্গার মিশাইয়া গরম কর। ফিল্টার করিলে যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহা চিনির স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণ। রঙিন পদার্থ অঙ্গার দ্বারা শোষিত হইয়াছে।

পরীক্ষা 8.3 : লাল বা নীল লিটমাস দ্রবণের সহিত প্রাণিজ অঙ্গার মিশাইয়া ফুটাও। ফিল্‌টার করিলে পরিস্রুত বর্ণহীন হয়। অঙ্গার লিটমাসের রঙ শোষণ করিয়াছে।

নীলের জলীয় দ্রবণ লইয়াও এই পরীক্ষাটি করিতে পার।

উজ্জীবিত অঙ্গারের মধ্য দিয়া তিক্ত কুইনাইন সালফেটের দ্রবণ ফিল্‌টার করিলে উহার তিক্তস্বাদ আর থাকে না।

(iv) অক্সিজেনে বা বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$C+O_2 = CO_2$$

(v) উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইডে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।



$$C+2H_2SO_4 = CO_2+2SO_2+2H_2O$$



$$C+4HNO_3 = CO_2+4NO_2+2H_2O$$

(vi) উচ্চ তাপমাত্রায় অঙ্গার একটি উত্তম বিজারক দ্রব্য। উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড যথা, কপার অক্সাইড, লেড অক্সাইড, জিঙ্ক অক্সাইড, ফেরিক অক্সাইড, ইত্যাদি ইহা দ্বারা ধাতুতে বিজারিত হয়। অঙ্গার জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CuO + C = Cu + CO$$



$$PbO + C = Pb + CO$$



$$ZnO + C = Zn + CO$$



$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(vii) লোহিত-তপ্ত অঙ্গার ষ্টীমকে হাইড্রোজেনে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত করে।

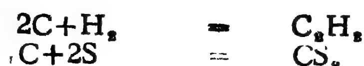


$$H_2O + C = H_2+CO$$



$$CO_2 + C = 2CO$$

অত্যধিক উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা কয়েকটি মৌলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। যথা, অ্যাসিটিলীন (C_2H_2), কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2), ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2), সিলিকন কার্বাইড (SiC), সায়ানোজেন (C_2N_2) ইত্যাদি।



$$2C+H_2 = C_2H_2$$

$$C+2S = CS_2$$

অনিয়তাকার কার্বনের ব্যবহার

কাঠকয়লা জ্বালানি হিসাবে, বিজারকরূপে, ফিল্টার-বেড (filter bed) ও বারুদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। চিনি শোধনে প্রাণিজ অঙ্গার এবং কালো রঙ হিসাবে আইভরি ব্ল্যাক ব্যবহৃত হয়। উজ্জীবিত কয়লা গ্যাস-মুখোসে ব্যবহৃত হয়।

ছাপার কালি, জুতোর কালি, স্টোভ-পালিশ ও কালো রঙ হিসাবে ভূসাকালি ব্যবহৃত হয়।

আর্ক আলো ও ব্যাটারীর তড়িৎ-দ্বাররূপে এবং ডায়নামো ও মোটরের ব্রাশ প্রস্তুত করিতে গ্যাস কার্বন ব্যবহৃত হয়।

জ্বালানিরূপে এবং ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক দ্রব্যরূপে কোক ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই মৌলিক পদার্থ তাহা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

(1) উপযুক্ত তাপমাত্রায় অতিরিক্ত বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের মধ্যে যে কোন রূপভেদকে উত্তপ্ত করিলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা কার্বন ডাই-অক্সাইড। কারণ, প্রতিক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাস চুন-জল ঘোলাটে করে।

(2) নির্দিষ্ট ওজনের যে কোন রূপভেদকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিলে প্রতিক্ষেত্রে সমান ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি নির্ধারণে যে পরীক্ষাটি (8.14 নং পরীক্ষা) করা হয় সেইরূপ পরীক্ষা দ্বারা ইহা দেখান যায়। এক একটি রূপভেদ পৃথক পৃথক লইয়া পরীক্ষাটি করিয়া প্রতি ক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন নির্ণয় করিতে হইবে।

কার্বনের অক্সাইড (Oxides of Carbon)

কার্বন অক্সিজেনের সহিত প্রধানতঃ দুইটি অক্সাইড গঠন করে। একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2 এবং অপরটি কার্বন মনোক্সাইড, CO। এই দুইটি অক্সাইডের প্রস্তুতি ও ধর্ম সম্পর্কে এখানে আলোচনা করা হইয়াছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড (Carbon dioxide)

1630 খৃস্টাব্দে ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আবিষ্কার করেন। 1754 খৃস্টাব্দে ইহার ধর্ম পরীক্ষা করিয়া ব্লাক (Black) নাম

দিয়াছিলেন "স্থির বায়ু" (fixed air)। 1783 খৃস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে ইহা কার্বন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ এবং ইহার নাম দেন কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাস। পরে এই গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড নামে পরিচিত হইয়াছে।

বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসাবে প্রায় 0.03 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। জীব-জন্তুর নিঃশ্বাস হইতে, কার্বনযুক্ত জ্বালানির দহনে, জৈব পদার্থের পচনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কোন কোন প্রস্রবণের জলের সহিত এবং অনেক সময় ভূ-পৃষ্ঠের ফাটল দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হয়। যুক্ত অবস্থায় উহা খনিজ কার্বনেটরূপে আছে।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট—চুনাপাথর (limestone), খড়িমাটি (chalk), মার্বেল (marble), ক্যালসাইট (calcite) ইত্যাদি খনিজ পদার্থে ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিভিন্ন আকারে ও বিভিন্ন অবস্থায় থাকে। শামুক ও জলচর ঝিনুকেও ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে। ডোলোমাইট (dolomite) নামক খনিজ পদার্থে ইহা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত যুক্ত অবস্থায় আছে।

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সংকেত $CaCO_3$। উত্তাপে এবং লঘু খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি

(1) কার্বনকে অতিরিক্ত বায়ুতে (বা অক্সিজেনে) দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

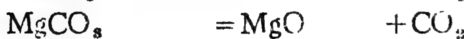


$$C + O_2 = CO_2$$

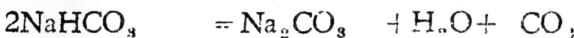
(2) কতকগুলি কার্বনেট লবণ (সোডিয়াম, পটাসিয়াম কার্বনেট ব্যতীত) এবং সমস্ত বাই-কার্বনেট লবণকে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$



$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

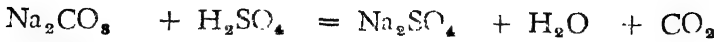


$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$



$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

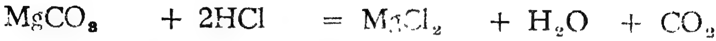
(3) ধাতব কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের সহিত লঘু খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$



$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$$



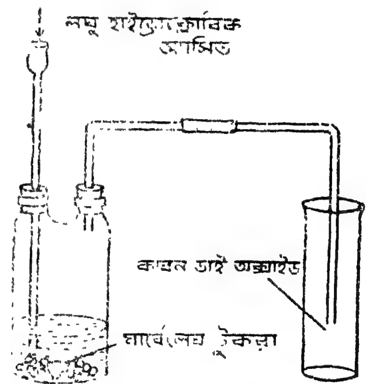
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$

পরীক্ষা 8. 4 : ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—সাধারণ তাপমাত্রায় মার্বেল পাথরের (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

একটি উল্ফ-বোতলে মার্বেলের ছোট ছোট টুকরা লইয়া বোতলে জল ঢালিয়া মার্বেলের টুকরাগুলি ঠিক ডুবাইয়া রাখ। কর্কের সাহায্যে উল্ফ-বোতলের এক মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল এবং অপর মুখে একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। দীর্ঘনাল ফানেলের শেষ প্রান্ত যেন জলে ডুবানো থাকে। দীর্ঘনাল ফানেলের মধ্য দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল এবং বোতলটি মাঝে মাঝে একটু নাড়াইয়া দাও। অ্যাসিড মার্বেল পাথরের সংস্পর্শে আসিলেই বুদ্‌বুদন আরম্ভ হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসে। বায়ুর ঊর্ধ্ব-অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে কার্বন ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ কর। গ্যাসজারের মুখে একটি জলন্ত কাঠি ধরিলে যদি উহা নিভিয়া যায়, তবে বুঝিবে যে গ্যাসজার কার্বন ডাই-অক্সাইডে পূর্ণ হইয়াছে। এইরূপে কয়েকটি গ্যাসজারে কার্বন ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ কর।



চিত্র 46— ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

এই কার্বন ডাই-অক্সাইডে কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসিড-বাষ্প এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া জলীয়

বাষ্প অপসারিত করা হয়। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড অতঃপর পারদের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

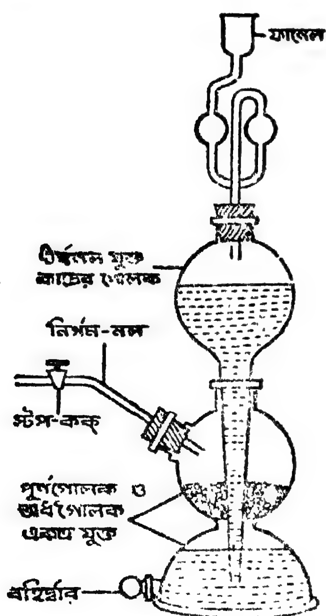
এই প্রস্তুতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

ক্যালসিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা খুব কম বলিয়া উহা মার্বেলের উপর একটি স্তর গঠন করে। ফলে মার্বেল অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিতে পারে না। সুতরাং প্রথম দিকে কিছুক্ষণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবার পরে বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় বলিয়া ঐরূপ কোন অসুবিধা হয় না।

কিপ্‌ যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি—ল্যাবরেটরীতে তোমরা কিপ্‌-যন্ত্র দেখিয়া থাকিবে। ইহার দুইটি অংশ। একটি অংশ দীর্ঘনলযুক্ত একটি গোলক, অপর অংশে একটি পূর্ণ গোলক ও একটি অর্ধগোলক একত্র যুক্ত। দীর্ঘনলযুক্ত গোলকটি দ্বিতীয় অংশের পূর্ণ গোলকের মুখে দৃঢ়ভাবে বসান থাকে, যাহাতে দীর্ঘনলের শেষ সরু প্রান্ত অর্ধগোলকটির প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছায়। মধ্য গোলকের পার্শ্বে রবার কর্কের সাহায্যে স্টপ-কক্‌যুক্ত নির্গম-নল এবং নীচের অর্ধগোলকের গায়ে একটি বহির্দ্বার থাকে। প্রয়োজন হইলে কিপ্‌-যন্ত্রের মধ্যের অ্যাসিড বা তরল পদার্থ এই পথে বাহির করা হয়।



চিত্র 47—কিপ্‌-যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

মধ্যের গোলকে মার্বেলের টুকরা রাখিয়া উপরের গোলকের ফানেল দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড দীর্ঘনল বাহিয়া নীচের অর্ধগোলকে চলিয়া আসে এবং অর্ধগোলক পূর্ণ হইলে মধ্যের গোলকে প্রবেশ করে। এখানে অ্যাসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মধ্যের গোলকের সহিত যুক্ত নির্গম-নলের স্টপ-কক্ খুলিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস গোলক হইতে বাহিরে আসে। স্টপ-কক্ বন্ধ করিলে কার্বন ডাই-

অক্সাইড বাহির হইতে পারে না। মধ্যের গোলকে চাপের সৃষ্টি হয়। এই চাপে অ্যাসিড নীচের অর্ধগোলকে নামিয়া আসে এবং সেখান হইতে দীর্ঘনল বাহিয়া উপরের গোলকে চলিয়া যায়। অ্যাসিড তখন মার্বেলের সংস্পর্শে থাকে না। ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় না। স্টপ-কক্‌টি খুলিলে মধ্যের গোলকের সঞ্চিত গ্যাস বাহির হইয়া যায় এবং চাপের হ্রাস হয়। পূর্বের ন্যায় উপরের গোলকের অ্যাসিড দীর্ঘনল বাহিয়া নীচের অর্ধগোলকে আসে এবং তারপর মধ্যগোলকে প্রবেশ করিয়া মার্বেলের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

কিপ্-যন্ত্রে এই গ্যাস প্রস্তুত করিবার সুবিধা এই যে, স্টপ্-কক ঘুরাইয়া প্রয়োজনানুযায়ী এবং নিয়মিত পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। কিন্তু উলফ-বোতলে মার্বেল ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া সম্পূর্ণ শেষ না হওয়া পর্যন্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইতে থাকে, বন্ধ করা যায় না। কিপ-যন্ত্রে অ্যাসিডকে মার্বেলের সংস্পর্শ হইতে সরাইয়া বিক্রিয়াটি বন্ধ করা যায়।

হাইড্রোজেন গ্যাস, হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুতির জন্যও কিপ্-যন্ত্র এইরূপে ব্যবহার করা যায়। যে গ্যাস সাধারণ তাপমাত্রায় প্রস্তুত করা যায় এবং যাহার প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানের মধ্যে একটি কঠিন পদার্থ এবং অপরটি তরল পদার্থ সেই গ্যাস এই যন্ত্রে প্রস্তুত করা চলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম

(i) কার্বন ডাই-অক্সাইড খুব মৃদু গন্ধ ও অম্লস্বাদযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস।

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড বিষাক্ত গ্যাস নহে কিন্তু ইহা প্রাণীর শ্বাসকার্যে সাহায্য করে না।

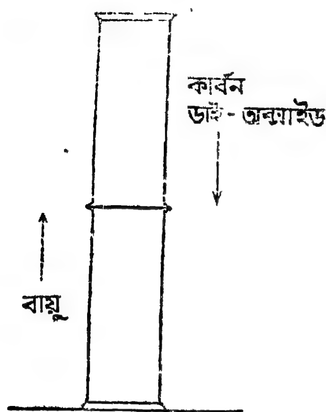
পরীক্ষা 8.5 : একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারে একটি ফড়িং ঢুকাইয়া জারের ঢাকনি বন্ধ কর। দেখ, কিছু সময় পরে ফড়িংটি মরিয়া যায়।

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী।

পরীক্ষা 8.6 : একটি খালি গ্যাসজারের (অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ) মুখের উপরে একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাও এবং ঢাকনি সরাও। কিছুক্ষণ পরে নীচের গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাও। কাঠিটি নিভিয়া যায়। অথবা, ঐ গ্যাসজারে চুনজল মিশাইয়া ঝাঁকাও। চুনজল ঘোলাটে হয়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উপরের গ্যাসজার হইতে নীচের গ্যাসজারে চলিয়া আসিয়াছে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা সম্ভব হইয়াছে।

পরীক্ষা 8.7 : একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারে কয়েকটি সাবানের

বুদ্‌বুদ্ ছাড়িয়া দাও। বায়ুপূর্ণ সাবানের বুদ্‌বুদ্ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে ভাসিতে থাকে।



চিত্র 48—কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী

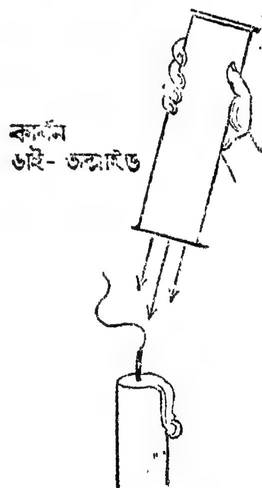
ইহার কারণ, কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে চাপ প্রয়োগে সহজে তরলে পরিণত করা যায়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বাষ্পীভূত হইতে দিলে ইহা কঠিনে পরিণত হয়। ইহা বরফের ন্যায় সাদা এবং বরফ হইতেও বেশী ঠাণ্ডা। উত্তাপে ইহা সরাসরি গ্যাসে পরিণত হয়। এই কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক বরফ বা ড্রাই আইস্ (dry ice) বলে।

(v) কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নহে এবং সাধারণতঃ দহনে সহায়তা করে না।

পরীক্ষা 8.8 : কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারে একটি জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাও। দেখ, জলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়, গ্যাস জ্বলে না।

পরীক্ষা 8.9 : একটি জলন্ত মোমবাতি টেবিলের উপর বসাইয়া একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজার মোমবাতির শিখার উপর উপুড় করিয়া ধর। দেখ, মোমবাতিটি নিভিয়া যায়।



চিত্র 49—কার্বন ডাই-অক্সাইড জলন্ত মোমবাতি নিভাইয়া দেয়

কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজার হইতে নীচে নামিয়া আসে এবং মোমবাতির চারিদিকের বায়ু সরাইয়া ঐ স্থান দখল করে। তখন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মোমবাতির শিখার সংস্পর্শ থাকে না। আবার, কার্বন ডাই-অক্সাইড দহনের সহায়ক নহে। সুতরাং মোমবাতি নিভিয়া যায়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং ইহা দহনের সহায়ক নহে, এই দুইটি ধর্ম এই পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হয়।

(vi) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (760 মিলিমিটার বায়ুচাপ এবং 0° সেন্টিগ্রেডে) এক আয়তন জলে 1·7 আয়তন গ্যাস দ্রবীভূত হয়। জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া কার্বনিক আসিড উৎপন্ন করে।



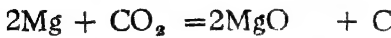
$$CO_2+H_2O=H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড খুব মৃদু ও অস্থায়ী অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণ গরম করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায়।

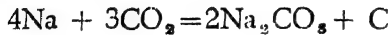
পরীক্ষা 8.10 : কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারে জল মিশাইয়া ঝাঁকাও এবং জলের মধ্যে উপুড় করিয়া গ্যাসজারের ঢাকনি সরাও। গ্যাসজারে ধীরে ধীরে জল প্রবেশ করে। ঐ জলীয় দ্রবণে লঘু নীল লিটমাস দ্রবণ মিশাও। লিটমাসের বর্ণ ঈষৎ লাল হয়। লাল দ্রবণের খানিকটা টেস্ট-টিউবে গরম কর। দ্রবণ পুনরায় নীল হয়।

জলীয় দ্রবণে মৃদু ও অস্থায়ী কার্বনিক অ্যাসিড থাকে : গরম করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড চলিয়া যায় বলিয়া দ্রবণ আবার নীল হয়।

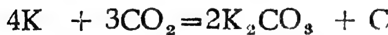
(vii) জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। উত্তপ্ত ধাতুর সংস্পর্শে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং এই অক্সিজেনের সাহায্যে ধাতুগুলি জ্বলিতে থাকে। ধাতুগুলির সহিত অক্সিজেন বা কার্বনেট মূলক যুক্ত হইয়া উহারা জারিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনে বিজারিত হয়।



$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$



$$4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C$$



$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

পরীক্ষা 8.11 : কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারের মধ্যে জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা প্রবেশ করাও। ম্যাগনেসিয়ামের ফিতাটি প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠে। গ্যাসজারে সাদা ও কালো অবশেষ থাকে। ঠাণ্ডা হইলে গ্যাসজারের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া জারটি নাড়িয়া দাও। সাদা অবশেষ দ্রবীভূত হয় এবং কালো অবশেষ অদ্রাব্য থাকে। ফিল্টার করিয়া কালো পদার্থটি পৃথক কর। ইহাকে শুষ্ক করিয়া অক্সিজেনে পুড়িলে যে গ্যাস নির্গত হয় তাহা চূনজল ঘোলাটে করে, অর্থাৎ নির্গত গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড।

অতএব, কালো পদার্থটি কার্বন। যে সাদা পদার্থটি অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়াছে তাহা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড।

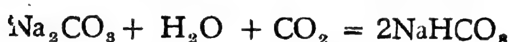
এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি জারক দ্রব্য।

(*viii*) কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যাসিডীয় অক্সাইড। ইহা 8.10 নং পরীক্ষা হইতে বুঝিতে পারা যায়। ক্ষার দ্রবণে ইহা শোষিত হয় এবং কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়।

কস্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণের সহিত ইহা সোডিয়াম কার্বনেট বা পটাসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকিলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট বা পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট গঠিত হয়।



$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$



$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$



$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$



$$K_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2KHCO_3$$

পরীক্ষা 8.12 : কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসজারে কস্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকাও। গ্যাসজারটি জলের মধ্যে উপুড় করিয়া জারের ঢাকনি সরাও। দেখ, জল উঠিয়া গ্যাসজার সম্পূর্ণ ভর্তি হয়।

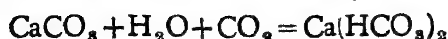
কস্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়াছে। ফলে গ্যাসজারে শূন্যতার সৃষ্টি হইয়া উহার মধ্যে জল উঠিয়াছে।

স্বচ্ছ চুনজলের (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ) মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে সাদা ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। এজন্য চুনজল ঘোলাটে হয়।



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

অতিরিক্ত পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিচালিত করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। সেজন্য ঘোলাটে চুনজল আবার স্বচ্ছ হয়।



$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

এই দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। স্বচ্ছ দ্রবণ আবার ঘোলাটে হয়।

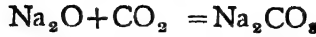


$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত ইহা লবণ উৎপন্ন করে।



$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

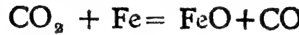


$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$$

(*ix*) লোহিত-তপ্ত কার্বন, আয়রন বা জিঙ্কের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সিজেনের অনুপাতের হ্রাস ঘটে বলিয়া ইহা বিজারণ।



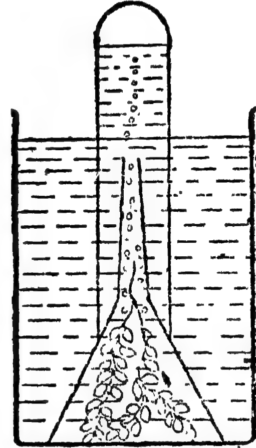
$$CO_2 + C = 2CO$$



$$CO_2 + Fe = FeO + CO$$

(x) সূর্যালোকে উদ্ভিদের সবুজকণা বা ক্লোরোফিল (chlorophyll) দ্বারা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

পরীক্ষা 8. 13. ঃ একটি বড় বীকারে কিছু ঝাঁঝি লইয়া ফানেল উপুড় করিয়া ঢাক। বীকারে জল ঢালিয়া ফানেলের নলটি সম্পূর্ণ জলে ডুবাইয়া দাও এবং একটি জলপূর্ণ টেস্ট-টিউব ফানেলের উপর উপুড় করিয়া রাখ। দেখ, টেস্ট-টিউবে জলের উপর একটি গ্যাস সঞ্চিত হয়। এই গ্যাস অক্সিজেন, কারণ শিখাহীন জলন্ত কাঠি উহার মধ্যে ধরিলে দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে।



চিত্র 50—সবুজ কণা কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন নির্গত করে

কার্বন ডাই-অক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি

(1) ক্যালসিয়াম কার্বনেট (চুনাপাথর, মার্বেল, খড়িমাটি) তীব্র উত্তপ্ত করিলে বিযোজিত হইয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

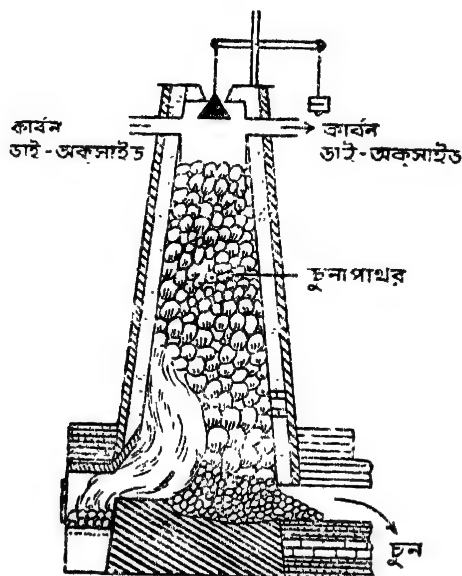


$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

ক্যালসিয়াম অক্সাইড হইতেছে চুন এবং এই উপায়ে চুনের শিল্প-প্রস্তুতি করা হয়। চুনের শিল্প-প্রস্তুতির উপজাত হিসাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

চুনের ভাটি বা চুন-চুল্লীতে (Lime-kiln) চুনাপাথর উত্তপ্ত করা হয়। ইহা দেখিতে উঁচু স্তম্ভের মত, নীচ হইতে উপরের দিকে ক্রমশঃ সরু হইয়া গিয়াছে। চুল্লীর মাথায় যে ফাঁক থাকে তাহার মধ্য দিয়া চুনাপাথরের টুক্‌রা ঢালিয়া দিয়া মুখ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর নীচের দিকে এক পার্শ্বে অবস্থিত উনানে

কয়লা জ্বালান হয়। উত্তপ্ত গ্যাস চুনাপাথরের মধ্য দিয়া উপরের দিকে উঠিবার সময় উহাকে তীব্র উত্তপ্ত করে। চুল্লীর ভিতরের তাপমাত্রা 1000° সেন্টিগ্রেড হইলে চুনাপাথর বিযোজিত হইয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। চুল্লীর নীচের দিকে চুন জমা হয় এবং উহাকে বাহির করিয়া লওয়া হয়। উত্তপ্ত গ্যাস-



চিত্র 51—চুন-চুল্লী : কার্বন ডাই-অক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি

প্রবাহে কার্বন ডাই-অক্সাইড উপরের দিকে উঠে এবং নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়।

নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইড শীতল পটাসিয়াম কার্বনেট দ্রবণে শোষিত করান হয়। পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং ইহাকে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। অতঃপর চাপ-প্রয়োগে তরল করিয়া সিলিণ্ডারের মধ্যে রাখা হয়।

চুন বাহির করিয়া নেওয়ার পরে উপরের ঢাকনা সরাইয়া আরও চুনাপাথর ঢালা হয় এবং এইরূপে অবিরামভাবে চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইতে থাকে।

(2) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া অতিরিক্ত বায়ু প্রবাহিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।

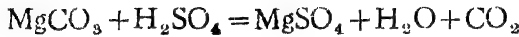


$$C+O_2=CO_2$$

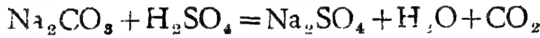
ইহার সহিত নাইট্রোজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকে। পূর্বের ন্যায় পটাসিয়াম কার্বনেট দ্রবণে শোষিত করিয়া এবং উৎপন্ন পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

(3) চিনি বা গুড় হইতে অ্যালকোহল প্রস্তুতিতেও কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাতরূপে পাওয়া যায়।

(4) খনিজ ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) কিংবা সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়াও কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$



$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে জ্বলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়, গ্যাসও জ্বলে না।

(ii) ইহা চুনজল ঘোলাটে করে।

নাইট্রোজেন গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইডের ন্যায় নিষ্ক্রিয়। ইহার মধ্যেও জ্বলন্ত কাঠি নিভিয়া যায়। কিন্তু নাইট্রোজেন চুনজল ঘোলাটে করে না।

ব্যবহার

(i) সোডিয়াম কার্বনেট, ইউরিয়া প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(ii) ড্রাই আইস্ (dry ice) হিমায়ক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

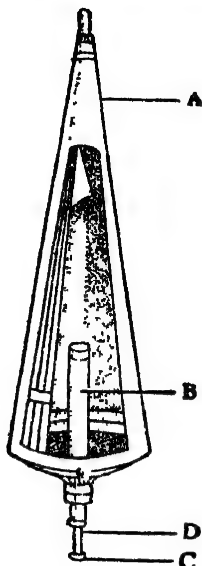
(iii) সোডা-ওয়াটার ও লেমোনেড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অতিরিক্ত চাপে অধিক পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া সোডা-ওয়াটার তৈয়ারী করা হয়। চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতা বাড়ে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ হইল সোডা-ওয়াটার। সোডা-ওয়াটারের বোতলের কর্ক খুলিলে চাপের হ্রাস হয়। ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতা কমিয়া যায় এবং অতিরিক্ত গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইয়া যায়।

(iv) অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

একটি শঙ্কু আকৃতির ধাতব পাত্রে (*A*) সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ এবং উহার মধ্যে একটি কাচ-নলে (B) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে। যন্ত্রের নীচের দিকে একটি হাতল (D) থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহার করিতে হইলে হাতলটিকে আঘাত করিয়া কাচ-নলটি ভাঙ্গা হয়। অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের

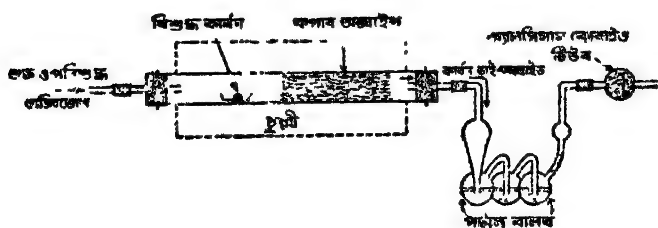
সংস্পর্শে আসে এবং প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ প্রচণ্ড চাপে উহার ছিদ্র দিয়া বাহির হয়। উহা আগুনের উপর নিক্ষেপ করিলে আগুন নিভিয়া যায়। আগুন কেন নিভিয়া যায় তাহা 8.9 নং পরীক্ষা সম্পর্কে আলোচনাকালে বলা হইয়াছে।



চিত্র 52—অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি নির্ণয়—

পরীক্ষা 8.14 : শক্ত কাচের একটি মোটা ও লম্বা কাচের নল একটি চুল্লীর মধ্যে রাখা হয়, যেন উহার দুই প্রান্ত চুল্লীর বাহিরে থাকে। এই কাচ-নলকে দাহ-নল (combustion tube) বলে। এক প্রান্ত হইতে আরম্ভ করিয়া দাহ-নলের প্রায় অর্ধেক অংশ পর্যন্ত শুষ্ক কপার অক্সাইডে ভরা থাকে। অপর প্রান্ত হইতে নলের মধ্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহিত করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে নলটি উত্তপ্ত করা হয়। কষ্টিক পটাস ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া অক্সিজেনকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়। এইরূপে দাহ-নল



চিত্র 53— কার্বন ডাই-অক্সাইডেব ওজন-সংযুতি নির্ণয়

উত্তপ্ত হয় এবং উহার ভিতরের বায়ু অক্সিজেন দ্বারা অপসারিত হয়। অতঃপর চুল্লী নিভাইয়া দাহ-নলটি ঘরের তাপমাত্রা পর্যন্ত শীতল করিয়া উহার কপার অক্সাইড প্রান্তে কষ্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ কয়েকটি বাল্‌ব এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ একটি টিউব যুক্ত করা হয়। কষ্টিক পটাস বাল্‌ব এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবের ওজন লওয়া হয়।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবের সহিত একটি সোডা লাইমের গার্ড-টিউব যুক্ত থাকে (চিত্রে দেখান হয় নাই)। ফলে, বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড কিংবা জলীয় বাষ্প ভিতরে প্রবেশ করিতে পারে না।

একটি পোর্সিলেন বোটে সামান্য পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন (শর্করা অঙ্গার) লইয়া ওজন করা হয়। কার্বন সহ পোর্সিলেন বোটটি দাহ-নলের মধ্যে যে প্রান্ত হইতে অক্সিজেন প্রবেশ করে, সেই প্রান্তে রাখা হয়। ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাস পরিচালিত করিয়া দাহ-নলটি কপার অক্সাইডের দিক হইতে উত্তপ্ত করিতে আরম্ভ করিয়া পরে সমানভাবে উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন দগ্ধ হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন-প্রবাহে চালিত হইয়া পটাস বাল্‌বে শোষিত হয়। যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়, তবে উহা কপার অক্সাইড দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। পটাস বাল্‌ব হইতে কোন জলীয় বাষ্প বাহির হইলে তাহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবে শোষিত হয়। বিক্রিয়া শেষে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া অক্সিজেন প্রবাহে দাহ-নলকে ঘরের তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করা হয়। তারপর পোর্সিলেন বোট বাহির করিয়া উহার ওজন লওয়া হয়। পটাস বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবেরও ওজন লওয়া হয়।

পরীক্ষার ফল ও গণনা

পরীক্ষার পূর্বে,

কার্বন সহ পোর্সিলেন বোটের ওজন $= a$ গ্রাম,

পটাস বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবের ওজন $= b$ গ্রাম,

পরীক্ষার পরে,

পোর্সিলেন বোটের ওজন $= c$ গ্রাম,

পটাস বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউবের ওজন $= d$ গ্রাম।

অতএব, কার্বনের ওজন $= (a-c)$ গ্রাম,

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (d-b)$ গ্রাম,

সুতরাং কার্বনের সহিত অক্সিজেনের ওজন $= (d-b)-(a-c)$ গ্রাম।

$\therefore$ $(a-c)$ গ্রাম কার্বনের সহিত $(d-b)-(a-c)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হইয়াছে।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়,

কার্বনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন $= 1 : 2{\cdot}67$

সংকেত নির্ণয়—পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে—

C $1 \div 12 = 0{\cdot}083$

O $2{\cdot}67 \div 16 = 0{\cdot}167$

ক্ষুদ্রতর সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া—

C $0{\cdot}083 \div 0{\cdot}083 = 1$

O $0{\cdot}167 \div 0{\cdot}083 = 2$

সুতরাং কার্বন ডাই অক্সাইডের স্থূল সংকেত CO_2।

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত $(CO_2)_n$;

যেখানে n একটি সরল পূর্ণ সংখ্যা।

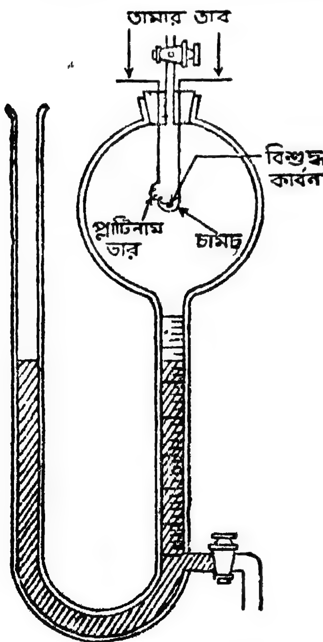
অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে $n \times 12 + 2n \times 16 = 44n$,

কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব 44,

$\therefore 44n = 44$, বা $n = 1$

সুতরাং কার্বন ডাই অক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়



চিত্র 54—কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়

পরীক্ষা 8.15. একটি অংশাঙ্কিত U-আকৃতির ইউডিয়োমিটারের এক মুখ খোলা এবং অপর মুখে একটি গোলক যুক্ত আছে। গোলকের মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে বসান কাচের ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি তামার তার প্রবেশ করান আছে। একটি তারের প্রান্তে গোলকের মধ্যে একটি তামার চামচ এবং অপর তারটি প্লাটিনাম তারের সাহায্যে চামচের সংস্পর্শে থাকে। ইউডিয়োমিটারের নীচের দিকে একটি স্টপকক আছে। চামচের উপর বিশুদ্ধ কার্বন-চূর্ণ (শর্করা অঙ্গার) লও। পারদের অপসারণ দ্বারা ইউডিয়োমিটারের গোলকে এবং সংলগ্ন বাহুর কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ কর। দুই বাহুর পারদ-তল সমান কর। তামার

তারের বাহিরের প্রান্তদ্বয় ব্যাটারীর সহিত যুক্ত কর। তড়িৎ প্রবাহের ফলে প্লাটিনাম-তার লোহিততপ্ত হয় এবং তাপে কার্বন জ্বলিয়া উঠিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রটি ঘরের তাপমাত্রায় শীতল কর এবং উভয় বাহুর পারদ-তল সমান করিয়া দেখ, কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবার ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। কিন্তু কিছুটা অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে। কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবার জন্য যে আয়তনের অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে ঠিক তাহার সমান আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে। অতএব প্রমাণিত হইল, **কার্বন ডাই-অক্সাইডে উহার সমান আয়তনের অক্সিজেন আছে।**

কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ

কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কার্বনিক অ্যাসিড খুব অস্থায়ী, জলীয় দ্রবণেই ইহাকে পাওয়া যায়। মুক্ত অবস্থায় কার্বনিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা যায় না। অ্যাসিডটি অস্থায়ী হইলেও ইহার লবণগুলি খুব স্থায়ী প্রকৃতির। কার্বনিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। তাই ইহা দ্বি ক্ষারিক অ্যাসিড।

কার্বনিক অ্যাসিডের একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **বাই-কার্বনেট** (bicarbonate) বলে এবং দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **কার্বনেট** (carbonate) বলে। বাই-কার্বনেট অ্যাসিড লবণ এবং কার্বনেট নর্ম্যাল লবণ।

সোডিয়াম কার্বনেট, Na_2CO_3	সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, $NaHCO_3$
পটাসিয়াম কার্বনেট, K_2CO_3	পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট, $KHCO_3$
ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$	ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট, $Ca(HCO_3)_2$
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, $MgCO_3$	ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট, $Mg(HCO_3)_2$

প্রস্তুতি—(*i*) সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ঐ ধাতুগুলির কার্বনেট গঠিত হয়।



$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$



$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

(ii) লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ মিশাইলে অদ্রাব্য কার্বনেট লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। মিশ্রিত দ্রবণ সামান্য উত্তপ্ত করিয়া অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করা হয়।



$$MgCl_2 + 2NaHCO_3 = MgCO_3 + 2NaCl + H_2O + CO_2$$

(iii) বাই-কার্বনেট লবণ উত্তপ্ত করিলে কার্বনেটে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

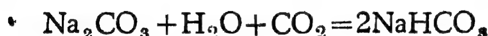


$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

(iv) ক্ষারের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বা কার্বনেট লবণের জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিচালিত করিলে বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।



$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$



$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$

চুন জলের সহিত অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় দেখিয়াছ যে দ্রবণে ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

ধর্ম—(i) **জলে দ্রাব্যতা**—সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট জলে দ্রাব্য, অন্যান্য কার্বনেট জলে অদ্রাব্য।

সমস্ত বাই-কার্বনেট জলে দ্রাব্য। $NaHCO_3$-এর দ্রাব্যতা কম।

(ii) **তাপের ক্রিয়া**—তাপের প্রভাবে ধাতব কার্বনেট সাধারণতঃ ধাতব অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়। নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে চুনজলের সাহায্যে সনাক্ত করা যায়।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$



$$CuCO_3 = CuO + CO_2$$



$$PbCO_3 = PbO + CO_2$$



$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2$$

সিলভার কার্বনেট ধাতব সিলভারে পরিণত হয়।



$$Ag_2CO_3 = Ag_2O + CO_2$$



$$2Ag_2O = 4Ag + O_2$$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেট তাপে বিযোজিত হয় না। অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম উৎপন্ন হয়।

উত্তপ্ত করিলে সমস্ত বাই-কার্বনেট (কঠিন অবস্থায় বা দ্রবণে) বিযোজিত হইয়া নর্ম্যাল কার্বনেটে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

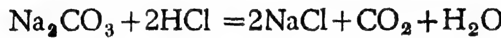


$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

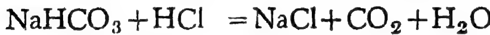


$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

(iii) **লঘু অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া**—লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।



$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$$



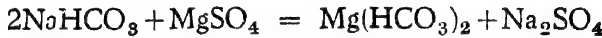
$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O$$

(iv) **ম্যাগনেসিয়াম সালফেট দ্রবণ**—কার্বনেট দ্রবণের সহিত ইহা মিশাইলে শীতল অবস্থায় ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$Na_2CO_3 + MgSO_4 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

বাই-কার্বনেটের সহিত ইহা মিশাইলে শীতল অবস্থায় কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না কিন্তু উত্তপ্ত করিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$2NaHCO_3 + MgSO_4 = Mg(HCO_3)_2 + Na_2SO_4$$

দ্রাব্য



$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

অদ্রাব্য

কাপড় কাচা সোডা (Washing soda)

কাপড় কাচা সোডা সোডিয়াম কার্বনেটের সোদক কেলাস $Na_2CO_3, 10H_2O$। ইহা একটি উদত্যাগী (efflorescent) পদার্থ। বায়ুতে খোলা রাখিলে ইহার নয়টি জলের অণু বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-কেলাস (soda crystal), Na_2CO_3, H_2O বলে। অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডা-ভস্ম (soda ash) বলে।

বস্ত্রাদি পরিষ্কার করিবার জন্য ইহার ব্যবহার সবচেয়ে বেশী। কষ্টিক সোডা, কাচ, সাবান প্রস্তুতিতে এবং খর জল মৃদু করিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

বেকিং পাউডার (Baking powder)

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেটের মিশ্রণ রুটি সেঁকিবার গুঁড়া বা বেকিং পাউডাররূপে ব্যবহৃত হয়। রুটি ও বিস্কুট তৈয়ারী

করিবার সময় জলমিশ্রিত ময়দার সহিত বেকিং পাউডার মিশ্রিত করা হয়। সেঁকিবার সময় ইহা হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হইয়া রুটি বা বিস্কুটকে ফাঁপা করিয়া দেয়।

কার্বন-চক্র বা **কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র** (Carbon cycle or Carbon dioxide cycle)

বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসাবে প্রায় শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেন এবং 0·03 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। নানা প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যয়িত হইতেছে, তথাপি বায়ুতে উহার পরিমাণ মোটামুটি একই থাকে। ইহার কারণ, কতকগুলি বিপরীত প্রক্রিয়াতে প্রকৃতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

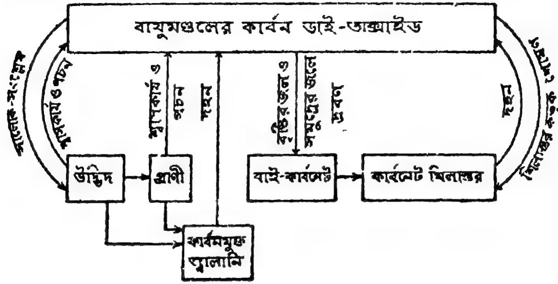
উদ্ভিদ উহার খাদ্য কার্বন বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে সংগ্রহ করে। উদ্ভিদের পাতার ছিদ্রের মধ্য দিয়া বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড পাতায় প্রবেশ করে। উদ্ভিদের দেহে ক্লোরোফিল (chlorophyll)-নামক একপ্রকারের সবুজ পদার্থ আছে। ইহা সূর্যের আলোতে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করে এবং উদ্ভিদ্ কার্বন গ্রহণ করিয়া অক্সিজেন ছাড়িয়া দেয়। এই কার্বন আলোর প্রভাবে সবুজ পাতার জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বোহাইড্রেট জাতীয় খাদ্যে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াকে **সালোক-সংশ্লেষ** (photo-synthesis) বা **কার্বন আত্তীকরণ** (carbon assimillation) বলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রাব্য। তাই বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের কিছু অংশ বৃষ্টির জলে, নদীর জলে, সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত হয়। কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড আবার সমুদ্র জলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট গঠন করে। সমুদ্রের জীবাণুর দেহে কার্বনেটরূপে ইহা যুক্ত হয়। উহাদের মৃত্যুর পর দেহাবশেষ খড়িমাটি বা প্রবালরূপে জমা হয়।

বিভিন্ন প্রকারের শিলা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া কার্বনেটে পরিণত হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে এই তিনটি প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ হ্রাস পাইতে থাকে। কিন্তু প্রকৃতিতে ইহার বিপরীত প্রক্রিয়া ঘটে, যাহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

প্রাণী প্রশ্বাসের সহিত বায়ু হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করে। এই অক্সিজেন খাদ্য-দ্রব্যের কার্বন ও হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প



চিত্র 55—কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র

উৎপন্ন করে। প্রাণিগণ এই কার্বন ডাই-অক্সাইড নিঃশ্বাসের সহিত পরিত্যাগ করে। উদ্ভিদ্ও নিঃশ্বাসের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে।

কাঠ, কয়লা, তৈল, পেট্রল ইত্যাদি কার্বনযুক্ত জ্বালানী বায়ুতে পুড়িবার ফলে বায়ুব অক্সিজেন খরচ হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিবিয়া যায়।

ইহা ছাড়া খড়িমাটি, চুনাপাথর ও মার্বেলের দহনের ফলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সমুদ্রের জলের দ্রবীভূত বাই-কার্বনেট লবণ বিযোজিত হইয়াও কার্বন ডাই-অক্সাইডের উৎপত্তি হয়।

প্রকৃতিতে উল্লিখিত ক্রিয়াগুলি এরূপভাবে চলে যে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের পরিমাণ মোটামুটি একই থাকে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের এই আবর্তনকে **কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র বা কার্বন-চক্র** বলে।

খনিজ জল (Mineral water)

বৃষ্টির জল ভূ-পৃষ্ঠে পড়িয়া উহার সচ্ছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ভূ-গর্ভে জমে এবং ইহা ঝর্ণার জল ও কূপের জলরূপে পাওয়া যায়। বালি, কাঁকর, মাটি ইত্যাদির মধ্য দিয়া পরিস্রুত হইবার ফলে এই জলে ভাসমান ময়লা থাকে না এবং জল খুব স্বচ্ছ দেখায়। কিন্তু ভূ-স্তর হইতে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের লবণ এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উহাতে দ্রবীভূত হইয়া যায়। তাই এই জল খর জল। ঝর্ণা বা কূপের জলে অতিরিক্ত পরিমাণ লবণজাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে তাহাকে খনিজ জল বলে। দ্রবীভূত লবণজাতীয় পদার্থের জন্য

ইহার স্বাদ বিভিন্ন রকমের হয় এবং অনেক সময় এই জল স্বাস্থ্যের পক্ষে উপকারী বলিয়া বিবেচিত হয়। খনিজ জলে অতিরিক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড থাকিলে স্বাদ লবণাক্ত (saline water), সোডিয়াম ও লিথিয়াম বাই-কার্বনেট থাকিলে ক্ষার স্বাদ (alkaline water), কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকিলে অম্ল স্বাদ (acidulous water), সোডিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের সালফেট থাকিলে তিক্ত স্বাদ (bitter water) হয়। ইহা ছাড়া, খনিজ জলে হাইড্রোজেন সালফাইড, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সালফাইড (hepatic water), ফেরাস বাই-কার্বনেট (chalybeate water), আয়োডিন ও আয়োডাইড লবণ (iodine water) এবং ক্ষারীয় সিলিকেট (siliceous water) দ্রবীভূত থাকিয়া বিভিন্ন নামের খনিজ জল উৎপন্ন করে। বন্ধনীর মধ্যে এইরূপ জলের নাম দেওয়া হইয়াছে।

কার্বন মনোক্সাইড (Carbon monoxide)

কার্বন ও জিঙ্ক অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাসোঁ (Lassone) 1766 খৃস্টাব্দে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রথম তৈয়ারী করেন। অপ্রচুর বায়ুতে কার্বন পুড়িলে এই গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে বিশেষ পাওয়া যায় না। কয়লার উনানে যে নীলাভ শিখা দেখা যায় তাহা উৎপন্ন হয় বায়ুতে কার্বন মনোক্সাইডের দহনের জন্য। কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, ব্লাস্ট ফার্নেস হইতে নির্গত গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড থাকে।

কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি

(1) **কার্বন হইতে**—অপর্যাপ্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে কার্বন পোড়াইলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2C + O_2 = 2CO$$

জিঙ্ক অক্সাইড, আয়রন অক্সাইড ইত্যাদির সহিত কার্বন মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতব অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।



$$ZnO + C = Zn + CO$$



$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(2) **কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে**—লোহিত-তপ্ত কার্বন, জিঙ্ক, আয়রনের

উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CO_2 + C = 2CO$$

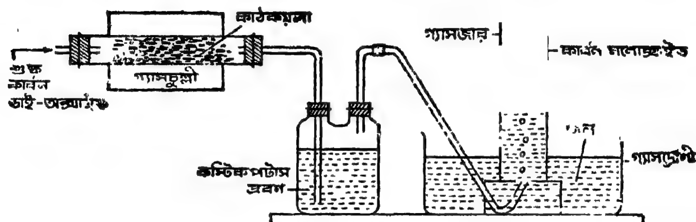


$$CO_2 + Zn = CO + ZnO$$



$$CO_2 + Fe = CO + FeO$$

একটি লোহার নলে কাঠকয়লা রাখিয়া চুল্লীতে তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। নলের এক প্রান্ত দিয়া শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উত্তপ্ত কাঠকয়লার উপর দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। নলের অপর প্রান্ত দিয়া কার্বন মনোক্সাইড এবং



চিত্র 56—কার্বন ডাই- অক্সাইড বিজারিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

অপরিবর্তিত কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসমিশ্রণকে কষ্টিক পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালনা করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গাস কষ্টিক পটাস দ্রবণে শোষিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

(3) **ফরমিক অ্যাসিড ও অক্সালিক অ্যাসিড হইতেঃ ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি**—ফরমিক অ্যাসিড তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন তরল পদার্থ। গাঢ় ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিড ইহার অণু হইতে জল শোষণ করিয়া ইহাকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করে।



$$H.COOH + H_2SO_4 = H_2O + CO + H_2SO_4$$

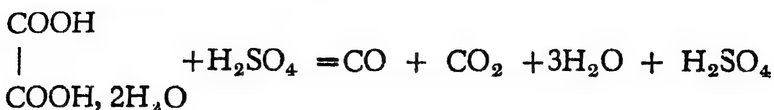
ফরমিক অ্যাসিড

ফরমিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ অর্থাৎ সোডিয়াম ফরমেট হইতেও এইরূপে কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম ফরমেট হইতে ফরমিক অ্যাসিড নির্গত করে এবং উহার অণু হইতে জল শোষণ করে।



$$H.COONa + H_2SO_4 = H.COOH + NaHSO_4$$

অক্সালিক অ্যাসিড বর্ণহীন সোদক কেলাস। উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহার অণু হইতে জল শোষিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH, 2H_2O \end{array} + H_2SO_4 = CO + CO_2 + 3H_2O + H_2SO_4$$

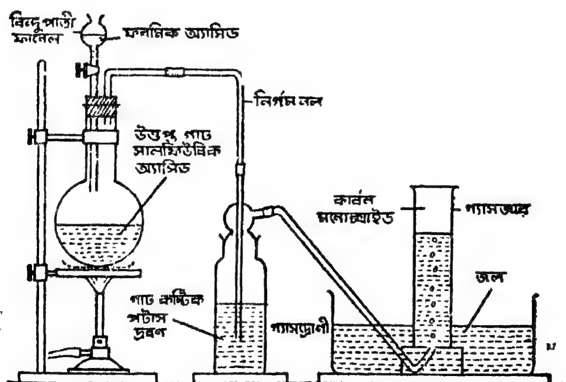
অক্সালিক অ্যাসিড

ল্যাবরেটরীতে এই বিক্রিয়া দুইটির সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড উৎপাদনে সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা ইহা বিজারিত হইয়া খুব সামান্য পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$H_2SO_4 + CO = H_2O + SO_2 + CO_2$$

পরীক্ষা 8.16. বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহাকে 100° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত কর। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফরমিক অ্যাসিড উত্তপ্ত

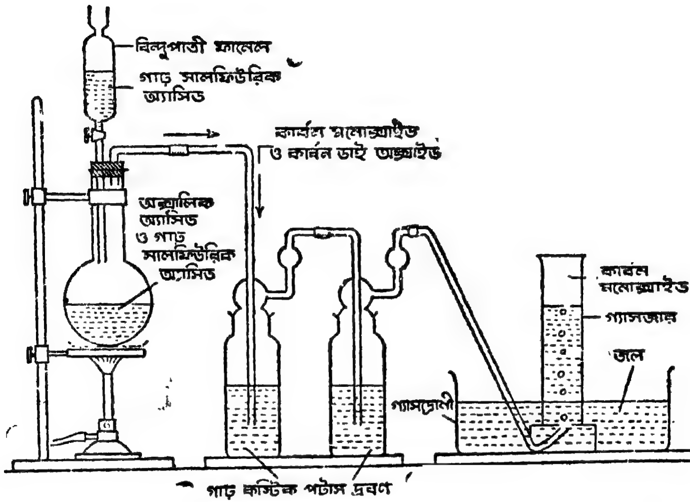


চিত্র 57—ফরমিক অ্যাসিড হইতে ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর ফেল। ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। নির্গত কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসকে গাঢ় কস্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করিয়া জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। সালফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণের ফলে সামান্য সালফার

ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইলে তাহা কষ্টিক পটাস দ্রবণে শোষিত হয়।

পরীক্ষা 8.17. অক্সালিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে গোলতল ফ্লাস্কে অক্সালিক অ্যাসিডের চূর্ণ কেলাস লও। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া মিশ্রণটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর (প্রায়

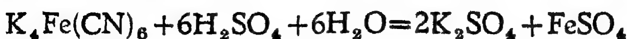


চিত্র 54—অক্সালিক অ্যাসিড হইতে ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

60° সেন্টিগ্রেড)। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ গাঢ় কষ্টিক পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া জলের অপসারণ দ্বারা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাস দ্রবণে শোষিত হয়।

শুষ্ক গ্যাস পাইবার জন্য ফস্‌ফরাস পেন্টক্সাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদ অপসারণ দ্বারা ইহা সংগ্রহ করা হয়।

(4) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড হইতে—পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের কেলাসকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।




$$K_4Fe(CN)_6+6H_2SO_4+6H_2O=2K_2SO_4+FeSO_4+3(NH_4)_2SO_4+6CO$$

কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম—

ভৌত ধর্ম—(i) কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন মৃদু গন্ধবিশিষ্ট গ্যাস।

(ii) কার্বন মনোক্সাইড জলে অদ্রাব্য।

(iii) ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস। শতকরা 0·06 ভাগ কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রিত বায়ু কিছুক্ষণ প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মৃত্যু হইতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) বায়ুর অক্সিজেনে ইহা নীল শিখা সহ জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

পরীক্ষা 8. 18. কার্বন মনোক্সাইডের গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাও। শলাকা নিভিয়া যায় কিন্তু গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। গ্যাসজার ঠাণ্ডা হইলে উহাতে চুনজল মিশাইয়া নাড়। চুনজল ঘোলাটে হয়।

কয়লার উনানে অনেক সময় নীল শিখা দেখা যায়। উহা কার্বন মনোক্সাইডের জ্বলনের ফলে উৎপন্ন হয়। উনানের নীচে পর্যাপ্ত বায়ু থাকায় কয়লার কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড অতি উত্তপ্ত কয়লার মধ্য দিয়া উপরের দিকে উঠিবার সময় কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়। উনানের উপরের দিকে এই কার্বন মনোক্সাইড বায়ুতে নীল শিখা সহ জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি নিম্নরূপ।



$$C + O_2 = CO_2$$



$$CO_2 + C = 2CO$$

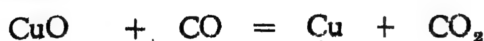


$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

(ii) কার্বন মনোক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। তীব্র উত্তপ্ত কতকগুলি ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে এবং নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। ধাতব অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইডে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি পায়।



$$ZnO + CO = Zn + CO_2$$



$$CuO + CO = Cu + CO_2$$



$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$



$$PbO + CO = Pb + CO_2$$

উত্তপ্ত (550°C) ফেরিক অক্সাইড ও ক্রোমিক অক্সাইডের মিশ্রণের (প্রভাবক) উপস্থিতিতে ইহা ষ্টীমকে বিজারিত করে।



$$H_2O + CO = H_2 + CO_2$$

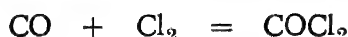
(iii) কার্বন মনোক্সাইড প্রশম অক্সাইড। অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের মধ্যে কঠিন কষ্টিক সোডাকে 200° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়।



$$CO + NaOH = H.COONa$$

(iv) কার্বন মনোক্সাইড কতকগুলি যুত যৌগ (addition compound) গঠন করে।

কার্বন মনোক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণকে সূর্যালোকে রাখিলে কিংবা সক্রিয় চারকোল প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। কার্বনিল ক্লোরাইড বিষাক্ত, বর্ণহীন গ্যাস। ইহার নাম ফস্‌জিন (Phosgene)।



$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

কার্বন মনোক্সাইড ও সালফারের বাষ্পের মিশ্রণকে উত্তপ্ত টিউবের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বনিল সালফাইড উৎপন্ন হয়। কার্বনিল সালফাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস।

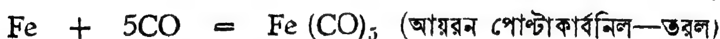


$$CO + S = COS$$

সামান্য উত্তপ্ত চূর্ণ নিকেল, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর সহিত ইহা ধাতব কার্বনিল-যৌগ গঠন করে।



$Ni + 4CO = Ni(CO)_4$ (নিকেল কার্বনিল—তরল)



$Fe + 5CO = Fe(CO)_5$ (আয়রন পেণ্টাকার্বনিল—তরল)

(v) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস শোষণ করে। $CuCl, CO, 2H_2O$ সংকেতবিশিষ্ট যৌগ গঠিত হয়।

পরীক্ষা 8. 19. কার্বন মনোক্সাইডের গ্যাসজারে অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইয়া নাড়। গ্যাসজারটি জলের মধ্যে উপুড় করিয়া ঢাক্‌নি সরাও। জল উঠিয়া গ্যাসজার ভর্তি হইয়া যায়।

পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) কার্বন মনোক্সাইড বায়ুতে নীল শিখা সহ জ্বলে। উৎপন্ন গ্যাস (কার্বন ডাই-অক্সাইড) চুনজল ঘোলাটে করে।

হাইড্রোজেন গ্যাস বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলে। কিন্তু সেক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ (ষ্টীম) চুনজল ঘোলাটে করে না।

(ii) কার্বন মনোক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

ব্যবহার—

(i) ওয়াটার গ্যাস (কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ), প্রডিউসার গ্যাস (কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ) রূপে জ্বালানী গ্যাস হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক দ্রব্যরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) ফরমেট লবণ এবং ফস্‌জিন গ্যাস ইহার সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।

(iv) ওয়াটার গ্যাসরূপে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতির জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়

পরীক্ষা 8. 20. একটি অংশাঙ্কিত ইউডিয়োমিটার টিউবে পারদের উপর নির্দিষ্ট আয়তনের কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস সংগ্রহ কর। মনে কর, কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন x c.c.। ইহার সহিত প্রায় দ্বিগুণ আয়তনের অক্সিজেন মিশ্রিত কর এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা y c.c.। টিউবটি পারদ পাত্রে রবার প্যাডের উপর চাপিয়া ধরিয়া প্লাটিনাম তারের সাহায্যে গ্যাসমিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা কর। বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। শীতল হইলে টিউবটি রবার প্যাড হইতে আল্‌গা করিয়া গ্যাসমিশ্রণের আয়তন লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা z c.c.। ইহা উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং অব্যবহৃত অক্সিজেনের মিশ্রণ। টিউবের নীচ হইতে এক টুক্‌রা কঠিন কষ্টিক পটাস উহার মধ্যে প্রবেশ করাও। কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হয় এবং আয়তনের সঙ্কোচন ঘটে। টিউবে অবশিষ্ট গ্যাস অক্সিজেন, ইহার আয়তন লক্ষ্য কর। মনে কর, এই আয়তন a c. c.।



চিত্র 59—কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়

ইউডিয়োমিটার টিউবের মধ্যের ও বাহিরের পারদতল সমান রাখিয়া গ্যাসের আয়তন মাপিতে হয়।

কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন $= x$ c.c.,

মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন $= (y-x)$ c.c.,

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $= (z-a)$ c.c.,

ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= (y-x)-a$ c.c.

সুতরাং x c.c. কার্বন মনোক্সাইড $(y-x-a)$ c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া $(z-a)$ c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, আয়তনের অনুপাত—

$$x : (y-x-a) : (z-a) = 2 : 1 : 2.$$

অতএব, 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইড 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু 2 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে 2 আয়তন অক্সিজেন আছে। কারণ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে সমায়তন অক্সিজেন থাকে। ইহার অর্ধেক অর্থাৎ 1 আয়তন অক্সিজেন আসিয়াছে যে অক্সিজেন গ্যাস যোগ করা হইয়াছে তাহা হইতে।

সুতরাং বাকি 1 আয়তন অক্সিজেন আছে 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে। অতএব, **কার্বন মনোক্সাইডে উহার অর্ধেক আয়তনের অক্সিজেন আছে।**

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম ও বিক্রিয়াগুলির বিস্তৃত বিবরণ উল্লেখ করা হইয়াছে। নিম্নে উহাদের ধর্মগুলির তুলনা করিয়া দেখান হইল। বিক্রিয়াগুলির শর্ত ও সমীকরণ যথাস্থানে বর্ণনা করা হইয়াছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনোক্সাইড
(i) বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী ; জলে সমায়তনে দ্রাব্য।	(i) বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী ; জলে প্রায় অদ্রাব্য। গ্যাসটি বিষাক্ত।
(ii) দাহ্য কিংবা দহনের সহায়ক নহে। কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, পটাসিয়ামের জ্বলনে সাহায্য করে।	(ii) দাহ্য গ্যাস। বায়ুতে নীল শিখা সহ জ্বলে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনোক্সাইড
(iii) অ্যাসিডীয় অক্সাইড। জলীয় দ্রবণে দ্বি-ক্ষারিক কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে।	(iii) প্রশম অক্সাইড; ক্ষারের সহিত ক্রিয়া নাই। কিন্তু চাপে ও উত্তপ্ত অবস্থায় কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত সোডিয়াম ফরমেট লবণ উৎপন্ন করে।
(iv) উচ্চ তাপমাত্রায় জারক দ্রব্য। উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামকে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে জারিত করে।	(iv) উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারক দ্রব্য। উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে।
(v) চুনজল ঘোলাটে করে।	(v) চুনজলের সহিত কোন বিক্রিয়া করে না।
(vi) কোন যুত-যৌগ গঠন করে না।	(vi) কার্বনিল ক্লোরাইড, ধাতব কার্বনিল ইত্যাদি যুত-যৌগ গঠন করে।
(vii) কস্টিক সোডা বা পটাশ দ্রবণে শোষিত হয়।	(vii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

অনুশীলনী 8

1. বহুরূপতার সংজ্ঞা লিখ। কার্বনের চারিটি রূপভেদের নাম লিখ এবং দুইটি রূপভেদের দুইটি করিয়া ব্যবহার লিখ।

1. Define the term allotropy. Name four allotropic forms of carbon and mention two uses each of two of these allotropic forms. [H. S. Exam. 1964 ; 1965 (Comp.)]

2. এইরূপ দুইটি মৌলিক পদার্থের নাম কর যাহাদের বহুরূপতা আছে। এই রূপভেদগুলির নাম লিখ। যে কোন একটি মৌলের দুইটি রূপভেদের প্রস্তুতি বর্ণনা কর এবং উহাদের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম লিখ। রূপভেদ দুইটি যে একই মৌলিক পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন রূপ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

2. Name two elements which exist in allotropic forms and state what these forms are.

Describe the preparation of the two allotropes of one of these elements and mention some of the distinguishing properties of the two allotropic forms. How can you show that these are two forms of the same element ?

[H. S. Exam. 1962 (Comp.)]

3. গ্যাস শোষণ করিবার এবং পদার্থের অবাঞ্ছনীয় রঙীন দ্রব্য দূর করিবার জন্য অঙ্গারের ব্যবহার বর্ণনা কর।

3. Show the uses of charcoal for absorbing gases and for removing undesirable colouring matters.

4. চারকোলের বিভিন্ন রূপ কি কি ? উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

4. What are the different varieties of charcoal ? State the properties and uses of charcoal.

5. ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার চারিটি ধর্ম এবং দুইটি ব্যবহার লিখ। কি অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড চারকোল এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করে ? কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ?

5. How is carbon dioxide prepared in the laboratory ? State four important properties and two uses of the gas. Under what conditions and with what results does carbon dioxide react with (a) charcoal, (b) calcium carbonate ? [H. S Exam. 1961, 1966]

6. প্রমাণ করিবার জন্য পরীক্ষা বর্ণনা কর :—

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে, (b) উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি জারক দ্রব্য (c) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী, (d) ইহা ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্য।

6. Describe experiments to show that carbon dioxide (a) contains carbon, [H. S. 1969 (Comp)] (b) is an oxidising agent at high temperature, (c) is soluble in water and the solution is acidic, (d) is soluible in alkali.]

7. মার্বেল হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না কেন বল।

7. Explain why dilute sulphuric acid is not used for preparing carbon dioxide from marble.

৪. একটি পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া দেখাও যে কার্বন ডাই-অক্সাইডে উহার সম-আয়তনের অক্সিজেন আছে।

8. Describe an experiment by which it can be shown that carbon dioxide contains its own volume of oxygen.

(H. S. Exam. 1963 (Comp.) ; 1967)

9. কার্বন ডাই-অক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি বর্ণনা কর। চুন-চুল্লীর বর্ণনাযুক্ত চিত্র অঙ্কন কর।

9. Describe briefly the commercial preparation of carbon dioxide, giving a labelled sketch of the kiln.

[H. S. Exam. 1962 ; 1965 (comp.) ; 1966]

10. ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর।

10. Describe the preparation of carbon monoxide in the laboratory. Compare the properties of carbon monoxide with those of carbon dioxide. [H. S. Exam , 1962 (comp.) ; 1963 ; 1966 (Comp.) ; 1970]

11. কার্বন মনোক্সাইডের প্রধান ধর্মগুলি বর্ণনা কর।

(i) নাইট্রোজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের দুইটি গ্যাসজার, (ii) হাইড্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইডের দুইটি গ্যাসজার, (iii) কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের দুইটি গ্যাস-জারের মধ্যে কিরূপে পার্থক্য বুঝিতে পারিবে?

11. State the important reactions of carbon monoxide. How would you distinguish between

(i) two gas jars containing nitrogen and carbon dioxide.

(ii) two gas jars containing hydrogen and carbon monoxide.

[H. S. Ex m. 1963]

(iii) two gas jars containing carbon monoxide and carbon dioxide ?

12. কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ের একটি পরীক্ষায় 0·18 গ্রাম কার্বন হইতে 0·66 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পরীক্ষালব্ধ এই ফল হইতে কিরূপে গ্যাসটির সঙ্কেত নির্ণয় করা যায় লিখ।

12. Describe an experiment by which the composition by weight of carbon dioxide may be determined.

In an experiment to determine the composition by weight of carbon dioxide it was found that 0·66 g. of carbon dioxide was obtained from 0·18 g. of carbon. From this result show how the formula of the gas may be deduced. [H. S. Exam 1963]

13. কার্বন মনোক্সাইডে উহার অর্ধ-আয়তন অক্সিজেন আছে, ইহা দেখাইয়া একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই ফল হইতে কিরূপে গ্যাসটির সঙ্কেত নির্ণয় করিবে? গ্যাসটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 14।

13. Describe how it may be shown that carbon monoxide contains half its own volume of oxygen. Show how the formula of the gas can be deduced from this result, it being given that its relative density is 14. [H. S. Exam. 1964]

14. নিম্নক্ষেত্রে পরিবর্তনগুলি কিরূপে ঘটাইবে তাহা লিখ :—

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে এবং কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে,

(b) সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে সোডিয়াম কার্বনেটে,

(c) কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে (i) কার্বন মনোক্সাইডে এবং (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইডে।

14. How would you convert,

(a) carbon dioxide into carbon monoxide and vice-versa,
[H. S. Exam. 1966 (Comp) ; 1970 (Comp.)]

(b) sodium carbonate into sodium bicarbonate and vice-versa, [H. S. Exam. 1961]

(c) a mixture of carbon monoxide and carbon dixoide completely into, (i) carbon monoxide, (ii) carbon dioxide ?

15. চিত্র সহ অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের নীতি ব্যাখ্যা কর।

15. Explain with a diagram the principle of a fire extinguisher
[H. S. Exam. 1967 ; 1970 (Comp.)]

16. কার্বন-চক্র সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

16. Write a brief account of the carbon cycle.
[H. S. Exam. 1962 ; 1966 (Comp.)]

17. কার্বনেট এবং বাই-কার্বনেটের উপর তাপের প্রভাব এবং লঘু খনিজ-অ্যাসিডের ক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর। কার্বনেট এবং বাই-কার্বনেটের মধ্যে কিরূপে পার্থক্য করিবে ?

17. Describe, with equations, the effect of heat and dilute mineral acids on carbonates and bicarbonates. How would you distinguish a carbonate from a bicarbonate ?

18. নিম্নক্ষেত্রে কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :

(a) ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করা হইল।

(b) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করা হইল।

(c) কষ্টিক সোডা দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হইল।

(d) চুন-জলে অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হইল, উৎপন্ন দ্রবণকে তারপর উত্তপ্ত করা হইল।

(e) উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হইল।

(f) কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জারে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করান হইল।

(g) উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড পরিচালিত করা হইল।

(h) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সোডিয়াম ফরমেট উত্তপ্ত করা হইল।

(i) কার্বন মনোক্সাইড এবং ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখা হইল।

(j) সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হইল।

18. Describe, with equations, what happens when—

(a) calcium carbonate is heated,

(b) sodium bicarbonate is heated,

(c) carbon dioxide is passed into caustic soda solution gradually to excess,

(d) carbon dioxide is passed into lime water gradually to excess and the resulting solution is heated, [H. S. 1970 (Comp.)]

(e) carbon dioxide is passed over red hot carbon,

(f) a piece of burning magnesium is inserted in a jar of carbon dioxide, [H. S. 1970 (Comp.)]

(g) carbon monoxide is passed over heated ferric oxide,

(h) sodium formate is warmed with conc. sulphuric acid,

(i) a mixture of carbon monoxide and chlorine is exposed to sunlight,

(j) carbon dioxide is passed into a concentrated solution of sodium carbonate.

19. (a) ডোলোমাইটে, এবং (b) $2CuCO_3$, Cu $(OH)_2$-এ কার্বন ডাই-অক্সাইডের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

19. Calculate the percentage of CO_2 in (a) dolomite, (b) $2CuCO_3$, Cu $(OH)_2$. [Ans. (a) 47·8% (b) 25·54%]

20. 5 গ্রাম শুষ্ক সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম শুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যাইবে ?

20. How many grams of dry sodium carbonate can be obtained by heating 5 g. of dry sodium bicarbonate ? [Ans. 3·15 গ্রাম]

অধ্যায় 9

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ক্লোরিন

(Hydrogen chloride and chlorine)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

বিজ্ঞানী প্রিস্টলী 1772 খৃস্টাব্দে সমুদ্রের লবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈয়ারী করিয়া উহার নাম দিয়াছিলেন "সামুদ্রিক অ্যাসিড" (muriatic acid)। 1810 খৃস্টাব্দে হাম্‌ফ্রে ডেভি ইহার প্রকৃত স্বরূপ নির্ণয় করিয়া ইহার নাম দেন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী, এই দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

জীবদেহের পাকযন্ত্রে অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ থাকে। আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসের মধ্যে সময় সময় এই গ্যাস পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে এই অ্যাসিডের লবণ পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরাইড উল্লেখযোগ্য।

সোডিয়াম ক্লোরাইড—ইহা সাধারণ লবণ বা খাদ্য লবণ। সমুদ্রের জল, লবণের খনি ও লবণ-হ্রদ, এইগুলি সোডিয়াম ক্লোরাইডের উৎস। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সমুদ্রের নিকট বড় বড় কিন্তু অগভীর পুকুর কাটিয়া উহার মধ্যে সমুদ্রের জল রাখা হয়। সূর্য-তাপে ও বায়ু-প্রবাহে জল বাষ্পায়িত হয় এবং দ্রবণ ক্রমশঃ গাঢ় হইতে থাকে। যথোপযুক্ত গাঢ় হইলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক পৃথক হইয়া পড়ে এবং ফিল্‌টার করিয়া পৃথক করা হয় এবং শুষ্ক করা হয়। শীতপ্রধান দেশে সমুদ্রের জলকে শীতল করিয়া আংশিকভাবে বরফে পরিণত করা হয়। বরফ পৃথক হইয়া দ্রবণ ক্রমশঃ গাঢ় হয় এবং পরে সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক পৃথক হয়।

এই সোডিয়াম ক্লোরাইড অবিশুদ্ধ। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতির জন্য উহার সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক পৃথক হয়। ফিল্‌টার করিয়া অবশেষকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। অতঃপর ইহাকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড স্বচ্ছ, কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রাব্য এবং ইহার গলনাঙ্ক 801°C। সোডিয়াম ক্লোরাইড খুবই প্রয়োজনীয় যৌগিক পদার্থ। সোডিয়াম, ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম কার্বনেট, কষ্টিক সোডা, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট, সোডিয়াম সালফেট ইত্যাদি প্রয়োজনীয় পদার্থগুলির শিল্প-প্রস্তুতির প্রধান উৎস সোডিয়াম ক্লোরাইড। খাদ্য হিসাবে, মৃৎপাত্রে উজ্জ্বল প্রলেপ দিতে, খাদ্য-সংরক্ষণে, সাবান তৈয়ারীতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি

(1) **ক্লোরাইড লবণ হইতে**—কোন ধাতব ক্লোরাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী বলিয়া লবণ হইতে ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নির্গত হয়।



$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$



$$MgCl_2 + H_2SO_4 = MgSO_4 + 2HCl$$



$$2AlCl_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6HCl$$

(2) **সংশ্লেষণ-পদ্ধতিতে**—হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণের দহনে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বর্তমানে এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের শিল্প-প্রস্তুতি করা হয়।



$$H_2 + Cl_2 = HCl$$

পরীক্ষা 9.1. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈয়ারী করা হয়। তাপমাত্রা অনুসারে বিক্রিয়াটি দুই ধাপে ঘটে। 150—200° সেন্টিগ্রেডে সোডিয়াম বাই-সালফেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

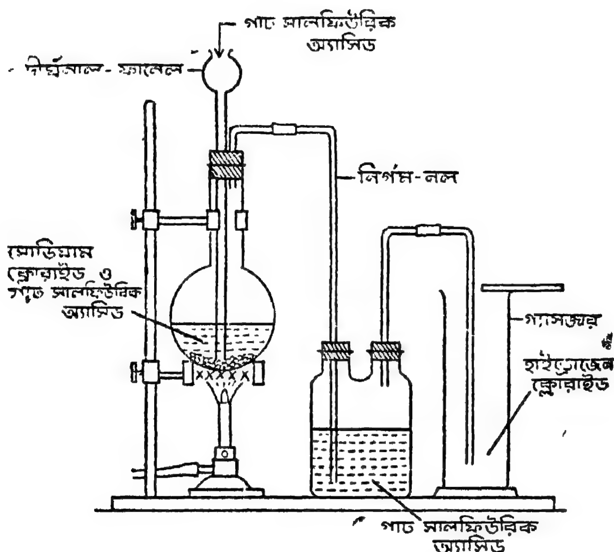
তাপমাত্রা 500° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে হইলে সেডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-সালফেটের বিক্রিয়া ঘটে। ফলে আরও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$NaCl + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + HCl$$

ল্যাবরেটরীতে অল্প উত্তাপের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈয়ারী করা হয়।

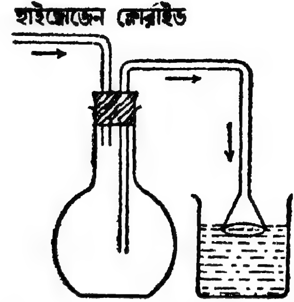
একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া কর্কের সাহায্যে ফ্লাস্কের মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম-নল লাগাও। নির্গম-নলের অপর প্রান্ত একটি বোতলের মুখের মধ্য দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবান। বোতলের অপর মুখে যুক্ত একটি বাঁকান নল একটি শুষ্ক গ্যাসজারের প্রায় নীচ পর্যন্ত প্রবেশ করান আছে। ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও। দীর্ঘনাল ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও। লক্ষ্য রাখিবে, ফানেলের শেষ প্রান্ত যেন অ্যাসিডে ডুবান থাকে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত



চিত্র 60—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করে। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে খুব সামান্য উত্তপ্ত কর। নির্গত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া শুষ্ক হয়। বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ কর। গ্যাসজার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পূর্ণ হইয়াছে কিনা বুঝিবার জন্য অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে একটি কাচ-দণ্ড ডুবাইয়া উহা গ্যাসজারের মুখে ধর। সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হইলে বুঝিবে যে গ্যাসজারটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পূর্ণ হইয়াছে।

জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব দ্রাব্য। এজন্য ফ্লাস্ক হইতে নির্গম-নলের মধ্য দিয়া এই গ্যাস সরাসরি জলে দ্রবীভূত করা হয় না। কারণ, গ্যাস খুব তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হইবার ফলে ফ্লাস্কে শূন্যতার সৃষ্টি হইলে জল নল বাহিয়া উত্তপ্ত ফ্লাস্কে প্রবেশ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে। বিক্রিয়া-ফ্লাস্কের সহিত যুক্ত নির্গম-নলটি কর্কের মধ্য দিয়া একটি খালি ফ্লাস্কে প্রবেশ করান হয়। খালি ফ্লাস্কটির মুখে আরেকটি নির্গম-নল থাকে। এই নির্গম-নলের শেষ প্রান্তে একটি ফানেল যুক্ত করিয়া ফানেলটি একটি বীকারে জলের সমতলে রাখা হয়। বিক্রিয়া-ফ্লাস্ক হইতে নির্গত গ্যাস খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ফানেলের মধ্য দিয়া বীকারের জলে দ্রবীভূত হয়। এইরূপে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে।



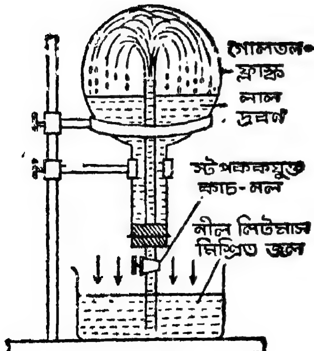
চিত্র 61—হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম—(*i*) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন ও ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস।

(ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং আর্দ্র বায়ুতে ইহা ধূমায়িত হয়।

(iii) ইহা জলে খুব দ্রাব্য। প্রমাণ অবস্থায় 1 আয়তন জলে প্রায় 507 আয়তন গ্যাস দ্রবীভূত হয়। ইহার দ্রাব্যতা ফোয়ারা পরীক্ষার সাহায্যে দেখান যায়।



চিত্র 62—ফোয়ারা পরীক্ষা

পরীক্ষা 9.2. একটি শুষ্ক গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পূর্ণ কর। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি স্টপকযুক্ত কাচ-নল লাগাও। একটি পাত্রে নীল লিটমাস মিশ্রিত জল লও। ফ্লাস্কটিকে উপুড় করিয়া এরূপভাবে রাখ যেন কাচ-নলের বাহিরের প্রান্ত নীল জলে ডুবান থাকে। ফ্লাস্কটি শীতল জল দিয়া ঠাণ্ডা কর। নীল জল কাচ-নলের

মধ্য দিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে উহার বর্ণ লাল হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং ফ্লাস্কের ভিতরের চাপ কমিয়া যাওয়ায় বাহিরের নীল জল ফ্লাস্কের ভিতর ফোয়ারার আকারে ছড়াইয়া পড়ে। সঙ্গে সঙ্গে নীল লিটমাস দ্রবণের বর্ণ লাল হইয়া যায়।

এই পরীক্ষার সাহায্যে জানিতে পার—

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী।

রাসায়নিক ধর্ম—(1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দাহ্য নয় এবং অন্য পদার্থের দহনে সহায়তা করে না।

পরীক্ষা 9.3. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাও। দেখ, জ্বলন্ত শলাকা নিভিয়া যায়, গ্যাসও জ্বলে না।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম**—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহাতে অ্যাসিডের সমস্ত ধর্ম আছে। যথা,

(i) ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে (পরীক্ষা 9.2.) এবং

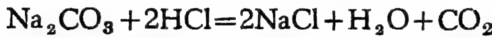
(ii) ক্ষারকের সহিত ইহা লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

ক্ষারক	+	অ্যাসিড	=	লবণ	+	জল
$NaOH$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O
কস্টিক সোডা		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম ক্লোরাইড		জল
CuO	+	$2HCl$	=	$CuCl_2$	+	H_2O
কিউপ্রিক অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		কিউপ্রিক ক্লোরাইড		জল
ZnO	+	$2HCl$	=	$ZnCl_2$	+	H_2O
জিঙ্ক অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		জিঙ্ক ক্লোরাইড		জল
$Ca(OH)_2$	+	$2HCl$	=	$CaCl_2$	+	$2H_2O$
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড		জল
Fe_2O_3	+	$6HCl$	=	$2FeCl_3$	+	$3H_2O$
ফেরিক অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ফেরিক ক্লোরাইড		জল
NH_4OH	+	HCl	=	NH_4Cl	+	H_2O
অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড		জল

পরীক্ষা 9.4. একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে সিক্ত একটি কাচ-দণ্ড ধর। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত ইহা কেবলমাত্র অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এসম্পর্কে 5.8. নং পরীক্ষা (104 পৃষ্ঠা) দেখ। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$

(iii) কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট হইতে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।



$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

পরীক্ষা 9.5. একটি টেস্ট-টিউবে সোডিয়াম কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাও। বুদ্‌বুদ্ আকারে গ্যাস নির্গত হয় এবং নির্গত গ্যাস চুন-জল ঘোলাটে করে।

(iv) জিঙ্ক, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি অনেক ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। এই সঙ্গে ধাতুগুলির ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন হয়।



$$Zn + 2HCl = H_2 + ZnCl_2$$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড)



$$Mg + 2HCl = H_2 + MgCl_2$$ (ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড)



$$Fe + 2HCl = H_2 + FeCl_2$$ (ফেরাস ক্লোরাইড)



$$2Al + 6HCl = 3H_2 + 2AlCl_3$$ (অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড)

পরীক্ষা 9.6. একটি টেস্ট-টিউবে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে কয়েকটি জিঙ্কের ছিব্‌রা ফেলিয়া দাও। বুদ্‌বুদ্ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত শলাকা ধর। গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলে। সুতরাং নির্গত গ্যাস হাইড্রোজেন।

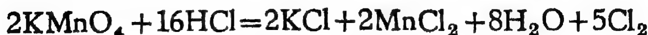
(3) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ**—গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই সঙ্গে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

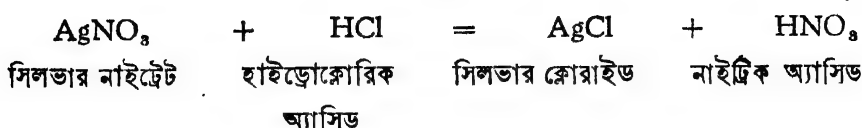
এই পদ্ধতিতে ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয়।

সাধারণ তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করে। পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়।



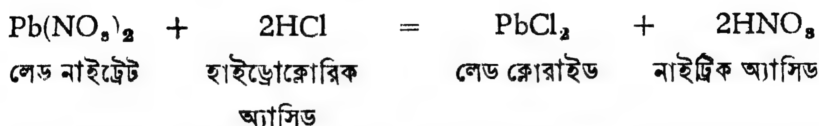
$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

(4) সিলভার ও লেড লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে উহাদের সাদা ক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

সিলভার নাইট্রেট   হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড   সিলভার ক্লোরাইড   নাইট্রিক অ্যাসিড



$$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$$

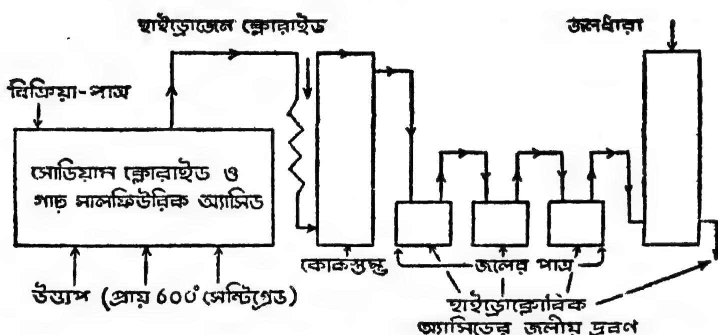
লেড নাইট্রেট   হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড   লেড ক্লোরাইড   নাইট্রিক অ্যাসিড

সাদা সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে জটিল লবণ উৎপন্ন করিয়া দ্রবীভূত হয়। $AgCl+2NH_4OH=[Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$

লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রাব্য।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি

(1) **সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে**—বড় লোহার পাত্রে সাধারণ লবণ



চিত্র 63—সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি

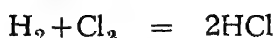
(সোডিয়াম ক্লোরাইড) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া প্রায় 600° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয়।



$$2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$$

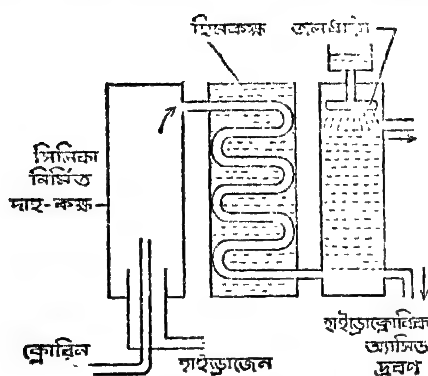
নির্গত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কুণ্ডলী নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া শীতল হয় এবং তারপর কোক (coke)-পূর্ণ স্তম্ভের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ধূলিকণা প্রভৃতি হইতে মুক্ত হয়। শীতল ও ধূলিকণামুক্ত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতঃপর কতকগুলি পাত্রে জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(2) **সংশ্লেষণ-পদ্ধতি**—এই পদ্ধতি বর্তমানে অধিক প্রচলিত। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সরাসরি যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

প্রায় সমান আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন (হাইড্রোজেনের পরিমাণ একটু বেশী রাখা হয়) দুইটি নলের মধ্য দিয়া সিলিকা-নির্মিত একটি কক্ষে পরিচালিত করিয়া দহন করা হয়। এই কক্ষটিকে দাহ-কক্ষ (combustion chamber)



চিত্র 64—সংশ্লেষণ-পদ্ধতি

বলে। দহনের ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং দাহ-কক্ষ হইতে নির্গত হইয়া হিম-কক্ষে প্রবাহিত হইয়া শীতল হয়। শীতল গ্যাসকে অতঃপর জলধারার সাহায্যে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়।

তড়িৎ-প্রণালীর সাহায্যে কষ্টিক সোডার শিল্প-প্রস্তুতিকালে উপজাত দ্রব্যরূপে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পাওয়া যায়। এই সংশ্লেষণ-পদ্ধতিতে তাহা ব্যবহার করা হয়।

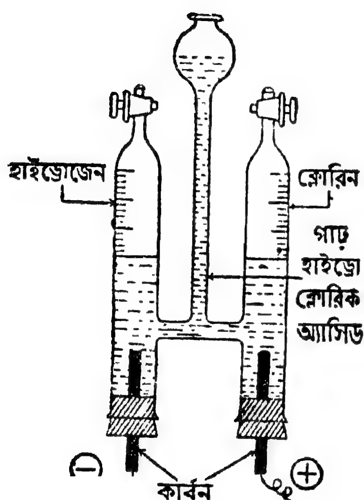
হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি

বিশ্লেষণ বা সংশ্লেষণের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

বিশ্লেষণ-পদ্ধতি (Analytical process)

পরীক্ষা 9.7. পরীক্ষার জন্য চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রটিকে **ভোল্টামিটার** (voltameter) বলে। ইহাতে তিনটি পরস্পরযুক্ত কাচ-নল

আছে। পার্শ্ব-নল দুইটি অংশাঙ্কিত এবং উহাদের উপরের প্রান্ত স্টপ-ককযুক্ত। এই নল দুইটির তলদেশে রবার কর্কের মধ্য দিয়া দুইটি কার্বন-দণ্ড প্রবেশ করান আছে। একটি কার্বন-দণ্ড ব্যাটারীর অপরা-মেরুর সহিত যুক্ত এবং ইহা অপরা-তড়িৎ-দ্বার বা ক্যাথোড (cathode)। অপর কার্বন-দণ্ডটি ব্যাটারীর পরা-মেরুর সহিত যুক্ত এবং ইহা পরা-তড়িৎ-দ্বার বা অ্যানোড (anode)। যন্ত্রের মধ্যের নলটির উপরের অংশ ফানেলের আকারে থাকে। ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া যন্ত্রটি অ্যাসিডে ভর্তি কর। স্টপ-কক দুইটি বন্ধ করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা কর। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হয়। ক্যাথোডে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইয়া পার্শ্বনলে সঞ্চিত হয়। অ্যানোডে সবুজাভ হলুদ বর্ণের একটি গ্যাস নির্গত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইতে থাকে, সেজন্য ঐ পার্শ্বনলে নির্গত গ্যাস প্রথম দিকে সঞ্চিত হয় না। স্টপ-কক খুলিয়া ক্যাথোড-নলের গ্যাস বাহির করিয়া দাও। এই গ্যাস হাইড্রোজেন, কারণ ইহা বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলে। অ্যানোড-নলের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যখন উৎপন্ন গ্যাসটি দ্বারা সংপৃক্ত হয়, তখন ঐ গ্যাস নলে সঞ্চিত হয়। স্টপ-কক খুলিয়া গ্যাস বাহির করিয়া দাও। এই গ্যাস যে ক্লোরিন তাহার প্রমাণ, গ্যাসের বর্ণ সবুজাভ হলুদ এবং ইহা স্টার্চ আয়োডাইড কাগজের (পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ) বর্ণ নীল করে।



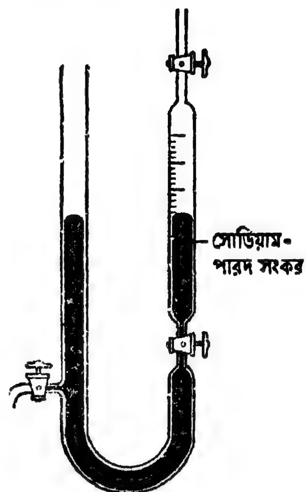
চিত্র 65—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

অতএব, কার্বন তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

নলের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা সংপৃক্ত এবং এই অ্যাসিড দ্বারা পার্শ্বনল দুইটি পূর্ণ অবস্থায় পূর্বের ন্যায় তড়িৎ-প্রবাহ চালনা কর। কিছুক্ষণ পরে লক্ষ্য করিয়া দেখ যে, ক্যাথোডে সঞ্চিত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন এবং অ্যানোডে সঞ্চিত ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন সমান।

অতএব প্রমাণিত হইল যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আছে।

পরীক্ষা 9.8 : একটি বিশেষ ধরনের U-নলের এক বাহুতে দুইটি স্টপ-কক আছে। স্টপ-কক দুইটির মধ্যবর্তী অংশ অংশাঙ্কিত। U-নলের অপর বাহুর নীচের দিকে আরেকটি স্টপ-কক লাগান আছে। প্রথম বাহুর স্টপ-কক দুইটির মধ্যবর্তী অংশাঙ্কিত স্থান পারদের অপসারণ দ্বারা বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্বারা পূর্ণ কর। এই বাহুর বাকি অংশ এবং অপর বাহুটি তরল সোডিয়াম পারদ-সংকর (sodium amalgam) দ্বারা পূর্ণ কর। এখন প্রথম বাহুর নীচের স্টপ-ককটি খুলিয়া দিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস সোডিয়াম পারদ-সংকরের সংস্পর্শে আসে। বিক্রিয়ার ফলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া যায় এবং একটি কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া শেষ হইলে যন্ত্রটি শীতল কর। অতঃপর দুই বাহুর সোডিয়াম পারদ-সংকর একই সমতলে আনিয়া গ্যাসের আয়তন লক্ষ্য কর। দেখ, অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন পরীক্ষার পূর্বের গ্যাসের আয়তনের অর্ধেক। অবশিষ্ট গ্যাস হাইড্রোজেন। কারণ, ইহা বায়ুতে নীলাভ শিখায় জ্বলে।



চিত্র – 66
সোডিয়াম পারদ-সংকর পদ্ধতি

অতএব, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে উহার অর্ধ-আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস আছে।

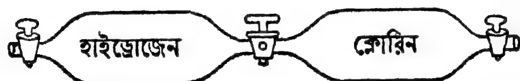
এই পরীক্ষার ফল হইতে বলা যায় যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1 আয়তন হাইড্রোজেন আছে। আবার, 9. 7. নং পরীক্ষার ফল হইতে দেখা যায় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আছে। সুতরাং, উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষাব ফলাফল হইতে ইহা প্রমাণিত হয় যে,

দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিন আছে।

সংশ্লেষণ-পদ্ধতি (Synthetic process)

পরীক্ষা 9.9. এই পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রে দুইটি সমান আয়তনের কাচ-নল একটি মধ্যবর্তী স্টপ-কক দ্বারা পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকে। কাচ-নল

দুইটির দুই প্রান্তেও দুইটি স্টপ-কক থাকে। মধ্যবর্তী স্টপ-কক বন্ধ রাখিয়া একটি কাচ-নল হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা এবং অপরটি ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করিয়া প্রান্তের স্টপ-কক দুইটি বন্ধ কর। কাচ-নল দুইটির আয়তন সমান, অতএব সংগৃহীত হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আয়তনও সমান। এখন মধ্যের স্টপ-ককটি খুলিয়া গ্যাস-দুইটিকে পরস্পরের সহিত মিশ্রিত হইতে দাও এবং যন্ত্রটি এই অবস্থায় ঘরের মৃদু আলোতে রাখ। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার শেষে ক্লোরিন গ্যাসের সবুজাভ হলুদ বর্ণ অদৃশ্য হইয়া যায়। মধ্যের স্টপ-ককটি খোলা রাখিয়া যন্ত্রটির এক প্রান্ত পারদের মধ্যে ডুবাইয়া সেই প্রান্তের স্টপ-ককটি খুলিয়া দাও। দেখ, পারদ যন্ত্রের ভিতরে প্রবেশ করে না কিংবা যন্ত্র হইতে কোন গ্যাস বাহিরে আসে না। অতএব বলা



চিত্র 67—সংশ্লেষণ পদ্ধতি

যায় যে বিক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তনের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই। এখন স্টপ-ককটি বন্ধ করিয়া যন্ত্রটি পারদ হইতে তুলিয়া আন এবং জলের মধ্যে ডুবাইয়া পুনরায় স্টপ-ককটি খুলিয়া দাও। দেখ, জল উপরে উঠে এবং কাচ-নল দুইটি সম্পূর্ণরূপে জলে ভর্তি হইয়া যায়। সুতরাং উৎপন্ন গ্যাস জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং গ্যাসের মধ্যে অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন নাই। কারণ, হাইড্রোজেন জলে অদ্রাব্য। দ্রবণের সামান্য অংশ লইয়া উহাতে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ মিশাও—আয়োডিন নির্গত হয় না। সুতরাং ইহাতে ক্লোরিন অবশিষ্ট নাই। দ্রবণ অ্যাসিড-ধর্মী; ইহার সহিত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাও—সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়াতে দ্রাব্য। সুতরাং এই দ্রবণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। অতএব, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন সম্পূর্ণরূপে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হইয়াছে এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন উক্ত গ্যাস দুইটির মিলিত আয়তনের সমান।

সুতরাং, এক আয়তনের হাইড্রোজেন এবং এক আয়তনের ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

আণবিক সংকেত

পরীক্ষার ফল হইতে জানা যায় যে একই চাপে ও তাপমাত্রায়,

1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু থাকে। সুতরাং 1 আয়তন ক্লোরিনে অণু-সংখ্যা n, এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অণু-সংখ্যা $2n$।

অতএব, $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হইয়াছে n অণু হাইড্রোজেন ও n-অণু ক্লোরিনের সংযোগে,

বা, 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হইয়াছে 1 অণু হাইড্রোজেন ও 1 অণু ক্লোরিনের সংযোগে,

বা, 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হইয়াছে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 2 পরামাণু ক্লোরিনের সংযোগে। কারণ, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বি-পরমাণুক।

সুতরাং, 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হইয়াছে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু ক্লোরিনের সংযোগে।

অতএব, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সরল সংকেত, HCl।

মনে কর, ইহার আণবিক সংকেত $(HCl)x$, যেখানে x একটি সরল পূর্ণ সংখ্যা।

গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব $(H=1)$ 18·25, অতএব ইহার আণবিক গুরুত্ব $(2 \times 18{\cdot}25)$ বা 36·5।

সুতরাং $(HCl)x = 36{\cdot}5$

বা, $(1+35{\cdot}5)x = 36{\cdot}5$, বা $x=1$

অতএব. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত, HCl।

ক্লোরাইড লবণ (Chlorides)

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারী মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে **ক্লোরাইড** বলে। যথা,

সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl), ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$—দুই অণু অ্যাসিডের দুইটি H-পরমাণু একটি দ্বিযোজী Ca-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে), ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$), অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$—তিন অণু অ্যাসিডের তিনটি H-পরমাণু একটি ত্রি-যোজী Al-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে)।

প্রস্তুতি—(*i*) কতকগুলি ধাতুকে (যথা—Zn, Mg, Fe) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে উহাদের ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া ও সমীকরণের জন্য 219 পৃষ্ঠা দেখ।

(ii) ধাতুর অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট লবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে উহাদের ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া ও সমীকরণের জন্য 218 পৃষ্ঠা দেখ।

উৎপন্ন ক্লোরাইডগুলি প্রতিক্ষেত্রে দ্রবণে থাকে। দ্রবণ ফিল্টার করিয়া বাষ্পীভূত করিলে ক্লোরাইড লবণগুলি কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়।

(iii) অদ্রাব্য ক্লোরাইডগুলির প্রস্তুতির জন্য ধাতুর দ্রাব্য লবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশান হয়। অদ্রাব্য ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিল্টার করিয়া অবশেষ ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। সমীকরণের জন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সিলভার নাইট্রেট ও লেড নাইট্রেটের বিক্রিয়া দেখ, পৃষ্ঠা 220।

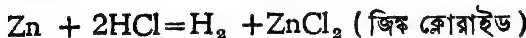
(iv) শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে ধাতুকে উত্তপ্ত করিয়া সাধারণতঃ অনার্দ্র ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।



$2Al+6HCl=3H_2+2AlCl_3$ (অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড)



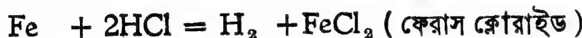
$2Al+3Cl_2=2AlCl_3$



$Zn+2HCl=H_2+ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড)



$Zn+Cl_2=ZnCl_2$



$Fe+2HCl=H_2+FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড)



$2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

ধর্ম—(i) ক্লোরাইডগুলি সাধারণতঃ সাদা বা বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন পদার্থ, জলে দ্রাব্য। ইহার কিছু কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায়। কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$, $2H_2O$) এবং ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$, $4H_2O$) সবুজ; ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$, $6H_2O$) হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। সিলভার ক্লোরাইড অনিয়তাকার পদার্থ; স্ট্যানিক ক্লোরাইড ($SnCl_4$) এবং লেড টেট্রাক্লোরাইড ($PbCl_4$) তরল পদার্থ। AgCl, Hg_2Cl_2 (মারকিউরাস ক্লোরাইড), Cu_2Cl_2 (কিউপ্রাস ক্লোরাইড)জলে অদ্রাব্য। লেড ক্লোরাইড ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য কিন্তু ফুটন্ত জলে দ্রাব্য।

(ii) উত্তপ্ত করিলে সোদক ক্লোরাইডগুলি সাধারণতঃ কেলাস-জল ত্যাগ করিয়া

অনার্দ্র লবণে পরিণত হয়। কিন্তু কতকগুলি আবার বিযোজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CaCl_2, 6H_2O = CaCl_2 + 6H_2O$$

সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড — অনার্দ্র ক্যালসিযাম ক্লোরাইড



$$MgCl_2, 6H_2O = MgO + 2HCl + 5H_2O$$

সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড — ম্যাগনেসিযাম অক্সাইড



$$2(AlCl_3, 6H_2O) = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড — অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড

(iii) ক্লোরাইডগুলিকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। উদাহরণ ও সমীকরণের জন্য 215 এবং 231 পৃষ্ঠা দেখ।

• **ব্যবহার**—সোডিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহার পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। পটাসিয়াম ক্লোরাইড জমির সার-রূপে এবং পটাসিয়ামের অন্যান্য লবণ তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড হিম-মিশ্রণ প্রস্তুতে এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গ্যাস ও নানাবিধ জৈব তরল পদার্থ শুষ্ক করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। সিলভার ক্লোরাইড ফটোগ্রাফিতে ও কাগজ-শিল্পে, জিঙ্ক ক্লোরাইড ঝালা লাগাইবার জন্য, কাঠ সংরক্ষণের জন্য, অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড গ্যাস-শোষকরূপে, অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড জৈব পদার্থের সংশ্লেষণে ও পেট্রোলিয়াম শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ক্লোরাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

(*i*) একটি টেস্ট-টিউবে ক্লোরাইড লবণ (যথা, সোডিয়াম ক্লোরাইড) লইয়া উহাতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয়। একটি কাচ-দণ্ড অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ডুবাইয়া টেস্ট-টিউবের মুখে ধরিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোয়া উৎপন্ন হয়।

(ii) একটি টেস্ট-টিউবে ক্লোরাইড লবণ লইয়া উহাতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ নীল করিয়া দেয়। নির্গত গ্যাস ক্লোরিন।

(iii) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

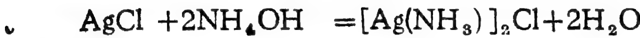


$$HCl + AgNO_3 = AgCl + HNO_3$$



$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3$$

এই সাদা অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রাব্য ; জটিল লবণ উৎপন্ন হয়।



$$AgCl + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)]_2Cl + 2H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার

(i) বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরিন তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(ii) রঞ্জন-শিল্পে, লোহার উপর টিন কিংবা জিঙ্কের আস্তরণ দেওয়ার সময় লোহা পরিষ্কার করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) স্টার্চ হইতে গ্লুকোজের প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iv) ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবে এবং অম্লরাজ তৈয়ারীতে ইহা প্রয়োজন।

(v) ঔষধ হিসাবেও ইহার প্রয়োগ আছে।

ক্লোরিন

1774 খৃষ্টাব্দে শিলে (Scheele) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে (তখন ইহাকে মিউরিয়েটিক অ্যাসিড বলা হইত) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দিয়া উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারা করিয়াছিলেন এবং ইহার নাম দিয়াছিলেন অক্সি-মিউরিয়েটিক অ্যাসিড। 1810 খৃস্টাব্দে ডেভি (Davy) ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এবং সবুজাভ হলুদ বর্ণের জন্য ইহার নাম ক্লোরিন (chloros = ফিকে সবুজ) রাখেন।

প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ক্লোরিন পাওয়া যায় না। যুক্ত অবস্থায় সাধারণ লবণে (NaCl), সিলভাইনে (sylvine, KCl), কার্নালাইটে (carnallite,

KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) এবং হর্ন-সিলভারে (hornsilver, AgCl) প্রচুর ক্লোরিন থাকে।

ক্লোরিন প্রস্তুতি

সাধারণতঃ দুইটি উপায়ে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। (1) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ক্লোরাইড লবণকে জারিত করিয়া এবং (2) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ক্লোরাইড লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা।

(1) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ক্লোরাইড লবণের জারণ

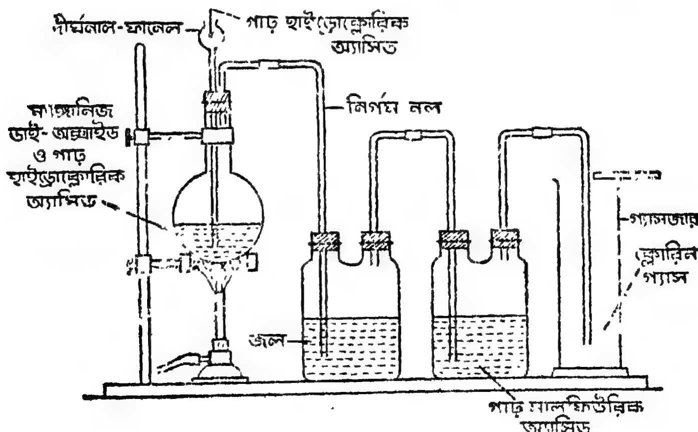
ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, অক্সিজেন (প্রভাবকের উপস্থিতিতে) ইত্যাদি জারক দ্রব্যের সাহায্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ক্লোরিনে জারিত করা হয়।

পরীক্ষা 9. 10. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন তৈয়ারী করা হয়। এই পরিবর্তনে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা ক্লোরিনে জারিত হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লও। ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও। নির্গম-নলের



চিত্র 68—ক্লোরিন প্রস্তুতি

অপর প্রান্ত একটি জলপূর্ণ বোতলের এক মুখ দিয়া বোতলের মধ্যে প্রবেশ করান আছে। বোতলের অপর মুখ দিয়া একটি বাঁকান নল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বোতলে

ডুবান আছে। এই বোতলের অপর মুখ হইতে আরেকটি বাঁকান নল গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করান আছে। দীর্ঘনাল ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও যেন নলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্কের মিশ্রণ উত্তমরূপে নাড়িয়া মিশাইয়া দাও। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। সবুজাভ হলুদ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। নির্গত গ্যাসমিশ্রণ জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত হয়। কিছুটা ক্লোরিনও এই সঙ্গে জলে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু ইহার দ্রাব্যতা অপেক্ষাকৃত কম বলিয়া জল ক্লোরিন দ্বারা তাড়াতাড়ি সংপৃক্ত হয় এবং ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। ফলে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প উহাতে শোষিত হইয়া শুষ্ক হয়। শুষ্ক ক্লোরিন বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। ক্লোরিনের সবুজাভ হলুদ বর্ণ দেখিয়া বুঝিতে পারা যায় যে গ্যাসজার ক্লোরিনে পূর্ণ হইয়াছে। অথবা, একখানি স্টার্চ-আয়োডাইড কাগজ গ্যাসজারের মুখে ধরিলে যদি উহা নীল হয়, তবে বুঝিবে যে গ্যাসজার ক্লোরিনে পূর্ণ হইয়াছে।

দ্রষ্টব্য—(i) ক্লোরিন একটি বিষাক্ত গ্যাস এবং ইহার গন্ধ খুব অপ্রীতিকর। লক্ষ্য রাখিবে ক্লোরিন গ্যাস যেন ল্যাবরেটরীতে বেশী ছড়াইয়া না পড়ে। এইজন্য পরীক্ষাটি "ফিউম চেম্বারে" (fume chamber) করা ভাল। গ্যাস-সংগ্রহ শেষ হইলে নির্গম-নলের শেষ প্রান্ত কস্টিক সোডা দ্রবণে ডুবাইয়া রাখিবে। ক্লোরিন গ্যাস ঐ দ্রবণে শোষিত হয়।

(ii) বিক্রিয়াটি দুই ধাপে ঘটে বলিয়া মনে করা হয়। প্রথমে সাধারণ তাপমাত্রায় ম্যাঙ্গানিজ ট্রাই-ক্লোরাইডের দ্রবণ (ঘোর বাদামী বর্ণ) উৎপন্ন হয় এবং পরে উত্তাপে উহা ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিনে পরিণত হয়।



$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$$



$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$



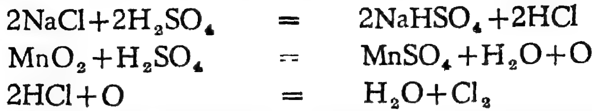
$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_2 + 2Cl_2 + 4H_2O$$



অর্থাৎ, $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

পরীক্ষা 9.11. ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়াও ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং ইহা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত

হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয়। এই সঙ্গে ম্যাঙ্গানাস সালফেট ও সোডিয়াম বাই-সালফেট উৎপন্ন হয়।



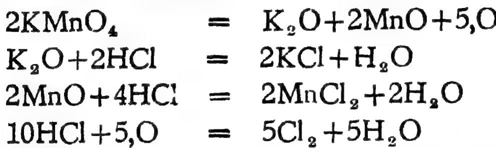
$$2NaCl+2H_2SO_4 = 2NaHSO_4+2HCl$$
$$MnO_2+H_2SO_4 = MnSO_4+H_2O+O$$
$$2HCl+O = H_2O+Cl_2$$



$$MnO_2+2NaCl+3H_2SO_4 = MnSO_4+2NaHSO_4+2H_2O+Cl_2$$

9.10. নং পরীক্ষার ন্যায় যন্ত্রপাতি সাজাও। ফ্লাস্কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ লও এবং দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া ফানেলের নলের শেষ প্রান্ত ডুবাইয়া দাও। ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত কর। ক্লোরিন নির্গত হয়। পূর্বের ন্যায় বিশুদ্ধ করিয়া ক্লোরিন গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

পরীক্ষা 9.12. সাধারণ তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্লোরিনে জারিত হয়। এই পদ্ধতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায়।



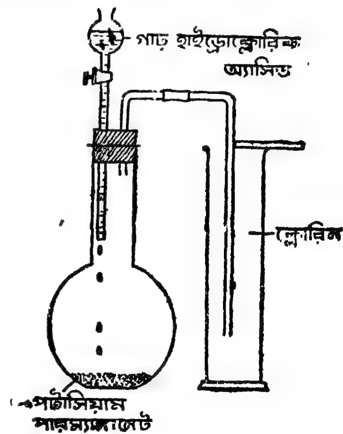
$$2KMnO_4 = K_2O+2MnO+5,O$$
$$K_2O+2HCl = 2KCl+H_2O$$
$$2MnO+4HCl = 2MnCl_2+2H_2O$$
$$10HCl+5,O = 5Cl_2+5H_2O$$



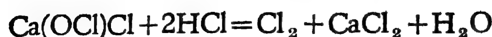
$$2KMnO_4+16HCl = 2MnCl_2+2KCl+5Cl_2+8H_2O$$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাস লও। ফানেল হইতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফেল। ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। পূর্বের ন্যায় বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে ক্লোরিন সংগ্রহ কর। লবণজলে ক্লোরিন সামান্য দ্রাব্য, তাই লবণজলের উপর ইহা সংগ্রহ করা যায়।

এইরূপ ব্যবস্থায় ফ্লাস্কে ব্লিচিং পাউডার রাখিয়া তাহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।



চিত্র 69—সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতি



$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = Cl_2 + CaCl_2 + H_2O$$

ব্লিচিং পাউডার

নাইট্রিক অ্যাসিড, লেড ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিলেও উহা ক্লোরিনে জারিত হয়।



$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2$$



$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

লেড ডাই-অক্সাইড লেড ক্লোরাইড



$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ক্রোমিক ক্লোরাইড

ডিকন প্রণালীর সাহায্যে ক্লোরিনের শিল্প-প্রস্তুতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের জারণ বর্ণনা করা হইয়াছে।

(2) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ক্লোরাইড লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ**—কার্বন তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। 9.7. নং পরীক্ষায় ইহা বর্ণনা করা হইয়াছে। ক্লোরাইড লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্লোরিনের শিল্প-প্রস্তুতিতে বর্ণনা করা হইয়াছে।

ক্লোরিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম—(i) ক্লোরিন তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস।

(ii) ক্লোরিন গ্যাস বিষাক্ত। নিঃশ্বাসের সহিত বেশী পরিমাণে গ্রহণ করিলে নাক ও গলা ফুলিয়া মৃত্যু পর্যন্ত হইতে পারে।

(iii) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় 2·5 গুণ ভারী।

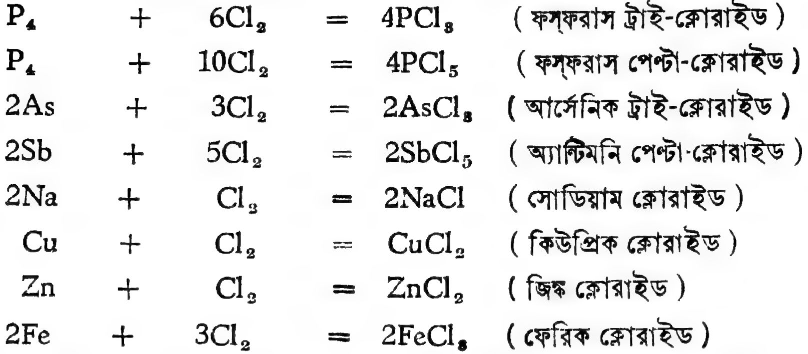
(iv) ইহা জলে মোটামুটি দ্রাব্য। প্রমাণ অবস্থায় 1 আয়তন জলে প্রায় 4·61 আয়তন ক্লোরিন দ্রবীভূত হয়।

(v) শীতল অবস্থায় সামান্য চাপ প্রয়োগ করিলে ক্লোরিন তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম—ক্লোরিন অত্যন্ত সক্রিয় মৌলিক পদার্থ।

(1) **দহনের সহায়ক**—ক্লোরিন দাহ্য নহে কিন্তু অন্য অনেক পদার্থের দহনে

সহায়তা করে। ফস্‌ফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, সোডিয়াম, কপার, জিঙ্ক, আয়রন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থগুলি ক্লোরিনে জ্বলিয়া উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$ (ফস্‌ফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড)

$P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$ (ফস্‌ফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড)

$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$ (আর্সেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড)

$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$ (অ্যান্টিমনি পেণ্টা-ক্লোরাইড)

$2Na + Cl_2 = 2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড)

$Cu + Cl_2 = CuCl_2$ (কিউপ্রিক ক্লোরাইড)

$Zn + Cl_2 = ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড)

$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

পরীক্ষা 9.13. উজ্জ্বলন চামচে এক টুক্‌রা সাদা ফস্‌ফরাস লইয়া ক্লোরিনের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। ফস্‌ফরাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। ফস্‌ফরাস ট্রাই ও পেণ্টা-ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা 9. 14. ক্লোরিনের গ্যাসজারে আর্সেনিকের গুঁড়া বা অ্যান্টিমনির গুঁড়া ফেলিয়া দাও। ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র উহা স্বতঃই জ্বলিয়া ওঠে এবং চারিদিকে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া পড়ে। আর্সেনিক বা অ্যান্টিমনির ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা 9 15. উজ্জ্বলন চামচে এক টুক্‌রা সোডিয়াম ধাতু লইয়া উত্তপ্ত করিয়া গলাও এবং গলিত সোডিয়াম ক্লোরিনের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। ইহা উজ্জ্বল হলুদ শিখায় জ্বলিতে থাকে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা 9.16. ক্লোরিনের গ্যাসজারে খুব পাতলা তামার পাত ফেলিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

উত্তপ্ত ধাতুর সহিত শুষ্ক ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অনার্দ্র ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, ইহা পূর্বে বলা হইয়াছে (226 পৃষ্ঠা)। ক্লোরিনের ক্রিয়াশীলতা এত বেশী যে ইহা অনেক ধাতু এবং অধাতুর সহিত (অক্সিজেন, কার্বন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত) যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়াগুলির প্রকৃতি লক্ষ্য করিয়া দেখ যে প্রতিক্ষেত্রেই মৌলিক পদার্থের সহিত অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিন যুক্ত হইয়াছে অর্থাৎ ঐ সমস্ত মৌলিক পদার্থ জারিত হইয়াছে। ক্লোরিন এখানে জারক দ্রব্য। জারক দ্রব্যের ধর্ম অনুসারে ক্লোরিন প্রতি ক্ষেত্রেই ক্লোরাইড যৌগে বিজারিত হইয়াছে।

(2) **হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি**—হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের

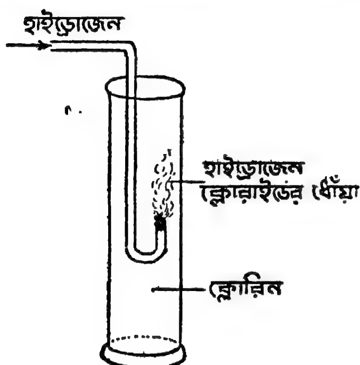
আসক্তি অত্যন্ত বেশী। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



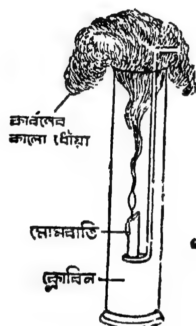
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

পরীক্ষা 9.17. হাইড্রোজেনের জ্বলন্ত শিখা একটি ক্লোরিনের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। দেখ, উহা জ্বলিতে থাকে এবং গ্যাসজারের মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি এত বেশী যে হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগিক পদার্থের হাইড্রোজেনের সহিত ইহা যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



চিত্র 70—ক্লোরিনে হাইড্রোজেনের দহন



চিত্র 71—ক্লোরিনে মোমবাতির দহন

পরীক্ষা 9.18. একটি জ্বলন্ত মোমবাতি ক্লোরিনের গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করাও। দেখ, মোমবাতিটি মৃদু লাল শিখাসহ জ্বলে এবং কার্বনের কালো ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

মোমবাতি কার্বন ও হাইড্রোজেন লইয়া গঠিত। মোমের হাইড্রোজেনের সহিত ক্লোরিন যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং কার্বন পৃথক হইয়া পড়ে।

পরীক্ষা 9.19. তারপিন তৈল-সিক্ত এক টুকরা ফিল্টার কাগজ ক্লোরিনের গ্যাসজারের মধ্যে ছাড়িয়া দাও। কাগজটি জ্বলিয়া উঠে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও কালো কার্বন উৎপন্ন হয়।



$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং কার্বন পৃথক হয়।



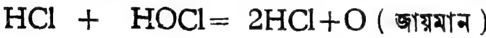
$$CH_4 + 2Cl_2 = C + 4HCl$$

9.18. এবং 9.19. নং পরীক্ষা এবং এই বিক্রিয়াটি হইতে বুঝিতে পার যে কার্বনের সহিত ক্লোরিনের কোন ক্রিয়া নাই। এ পর্যন্ত ক্লোরিনের যে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ করা হইয়াছে তাহাতে দেখা যায় যে প্রতি ক্ষেত্রেই তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয়। সুতরাং এই বিক্রিয়াগুলি দহনের উদাহরণ। কারণ, যে রাসায়নিক বিক্রিয়া তাপ ও আলোক উৎপন্ন করিয়া খুব দ্রুত সংঘটিত হয়, তাহাকে **দহন** (combustion) বলে।

(3) **জলের সহিত বিক্রিয়া**—সাধারণ অবস্থায় ক্লোরিন জলে মোটামুটি দ্রাব্য, তাহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। এই জলীয় দ্রবণকে ক্লোরিন-জল (chlorine-water) বলে। ক্লোরিন-জলের বর্ণ হলুদ এবং ইহা হইতে ক্লোরিনের ঝাঁঝাল গন্ধ আসে। জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড থাকে। জলীয় দ্রবণ রাখিয়া দিলে, বিশেষতঃ সূর্যালোকে, হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।



$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$ (হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড)



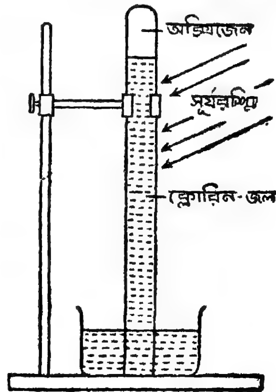
$HCl + HOCl = 2HCl + O$ (জায়মান)

উজ্জ্বল সূর্যালোক ক্লোরিন জলকে বিযোজিত করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয় ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

পরীক্ষা 9.20. একটি একমুখ-বন্ধ লম্বা কাচ-নল ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ কর এবং একটি পাত্রের জলের মধ্যে উপুড় করিয়া বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও। কাচ-নলটি সূর্যালোকে কিছুক্ষণ রাখিয়া দাও। দেখ, কাচ-নলের মধ্যে ক্লোরিন-জলের উপর গ্যাস জমা হইয়াছে। শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা এই গ্যাসের মধ্যে ধরিলে দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। সুতরাং ইহা অক্সিজেন।



চিত্র 72—
সূর্যালোকে কোরিন-জলের বিয়োজন

ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা সংপৃক্ত জলকে 0° সেন্টিগ্রেডে শীতল করিলে ক্লোরিন হাইড্রেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। যথা, $Cl_2, 6H_2O$; $Cl_2, 8H_2O$।

(4) **জারণ ধর্ম**—ক্লোরিন একটি শক্তিশালী

জারক দ্রব্য। ক্লোরিনের উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলিতে (পৃঃ 233) যে উহা জারক দ্রব্যরূপে কার্য করে তাহা বলা হইয়াছে। এখানে আরও কতকগুলি উদাহরণ দেওয়া হইল।

ক্লোরিন ফেরাস ক্লোরাইডকে ফেরিক ক্লোরাইডে এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত করে।



$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

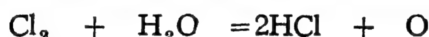


$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

উভয় ক্ষেত্রেই অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়াছে। আরও লক্ষ্য কর, Fe-এর পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পাইয়া 2 হইতে 3 হইয়াছে এবং টিনের পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পাইয়া 2 হইতে 4 হইয়াছে।

পরীক্ষা 9.21. একটি টেস্ট-টিউবে ফেরাস ক্লোরাইডের দ্রবণ (ঈষৎ সবুজ বর্ণ) লইয়া উহার মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত কর। দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়। ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়াছে বলিয়া বর্ণের এরূপ পরিবর্তন ঘটিয়াছে। উৎপন্ন দ্রবণের এক অংশে সামান্য পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ মিশাও। গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা ফেরিক লবণের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

ক্লোরিন সালফিউরাস অ্যাসিডকে অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে (বা কোন দ্রাব্য সালফাইট লবণকে) সালফিউরিক অ্যাসিডে (বা সালফেট লবণে) জারিত করে। ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়।



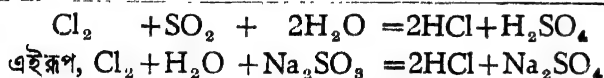
$$Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$$



$$SO_2 + O = SO_3$$



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$



$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$

এইরূপ, $Cl_2 + H_2O + Na_2SO_3 = 2HCl + Na_2SO_4$

পরীক্ষা 9.22. একটি টেস্ট-টিউবে সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ কিংবা সোডিয়াম সালফাইটের জলীয় দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত কর। সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেট লবণ এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাও। সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। ইহা প্রমাণ করে যে বিক্রিয়ার ফলে সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেট লবণ উৎপন্ন হইয়াছে।

ক্লোরিন পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করে।



$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$



$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

KBr এবং KI হইতে ক্লোরিন পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়াম অপসারিত করিয়াছে অর্থাৎ উহাদিগকে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিনে জারিত করিয়াছে। ক্লোরিন পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়ামের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরাইডে বিজারিত হইয়াছে। এই বিক্রিয়া দুইটি হইতে বুঝিতে পারা যায় যে ব্রোমিন কিংবা আয়োডিন অপেক্ষা ক্লোরিন অধিকতর সক্রিয়। কারণ, ইহা ব্রোমিন এবং আয়োডিনের যৌগ হইতে উহাদের সরাইয়া নিজে সেই স্থান দখল করিয়াছে। ব্রোমিন কিংবা আয়োডিন ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিন মুক্ত করিতে পারে না।

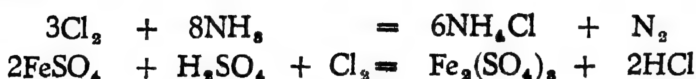
পরীক্ষা 9.23. দুইটি টেস্ট-টিউবের একটিতে পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং অপরটিতে পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ লও। উহাদের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত কর কিংবা ক্লোরিন-জল মিশাও। এখন টেস্ট-টিউব দুইটিতে কার্বন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া ঝাঁকাও। ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন নির্গত হয় বলিয়া কার্বন ডাই-সালফাইডের বর্ণ বাদামী হয় এবং আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত হয় বলিয়া কার্বন ডাই-সালফাইডের বর্ণ বেগুনী হয়।

ক্লোরিন-জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে সালফারের অধঃক্ষেপ পড়ে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়া উহা সালফারে জারিত হইয়াছে।



$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

ক্লোরিন অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে। অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ার জন্য 103 পৃষ্ঠা দেখ।

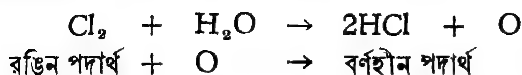




$$3Cl_2 + 8NH_3 = 6NH_4Cl + N_2$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + Cl_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2HCl$$

(5) **বিরঞ্জন ধর্ম**—জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন জৈব রঙকে বিরঞ্জিত করে। ক্লোরিন প্রথমে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং এই

জায়মান অক্সিজেন জৈব রঙকে জারিত করে। জারিত হওয়ার জন্য রঙ চলিয়া যায়। সুতরাং ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জিত করে। সম্পূর্ণ শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জন-ক্ষমতা নাই।



$$Cl_2 + H_2O \rightarrow 2HCl + O$$

রঙিন পদার্থ + O → বর্ণহীন পদার্থ

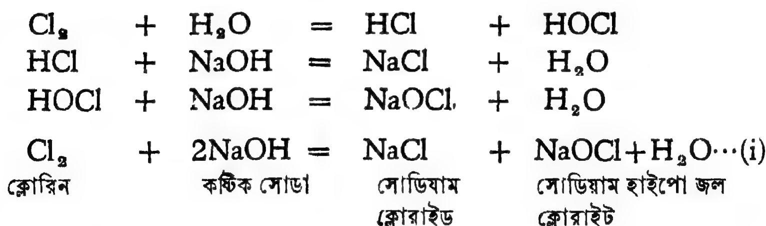
পরীক্ষা 9.24. ক্লোরিনের গ্যাসজারে ভিজা লিটমাস কাগজ, রঙিন ফুল বা পাতা ছাড়িয়া দাও। উহারা সাদা হইয়া যায়।

ক্লোরিনের গ্যাসজারে ছাপার অক্ষরপূর্ণ এক টুক্‌রা কাগজ ও সাধারণ কালি দিয়া লেখা এক টুক্‌রা কাগজ ছাড়িয়া দাও। ছাপার অক্ষর অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু সাধারণ কালির দাগ বিরঞ্জিত হয়। ছাপার কালিতে কার্বন আছে, উহা জায়মান অক্সিজেন দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না।

পরীক্ষা 9.25. একটি শুষ্ক ক্লোরিনের গ্যাসজারে শুষ্ক লিটমাস কাগজ বা রঙিন ফুল বা পাতা ছাড়িয়া দাও। উহাদের রঙ বিরঞ্জিত হয় না।

সুতরাং শুষ্ক ক্লোরিন বিরঞ্জিত করিতে পারে না।

(6) **ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া**—লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণের মধ্যে (যথা, কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ) ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ধাতুর ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। দ্রবণে যতক্ষণ অতিরিক্ত ক্ষার থাকে ততক্ষণ এই বিক্রিয়াটি ঘটে।



$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$$

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

$$HOCl + NaOH = NaOCl + H_2O$$

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O \cdots (i)$$

ক্লোরিন কষ্টিক সোডা সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম হাইপো ক্লোরাইট জল



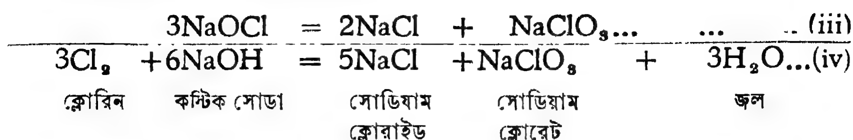
এইরূপ, $Cl_2 + 2KOH = KCl + KOCl + H_2O$

ক্ষার-দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে অথবা গরম ক্ষার দ্রবণে ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে উৎপন্ন হাইপোক্লোরাইট বিযোজিত হইয়া ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। উপরের (i) নং সমীকরণকে 3 দ্বারা গুণ করিয়া—



$$3Cl_2 + 6NaOH = 3NaCl + 3NaOCl + 3H_2O \ldots (ii)$$

এবং হাইপোক্লোরাইটের বিযোজন—



$$3NaOCl = 2NaCl + NaClO_3 \ldots \ldots \ldots (iii)$$

$$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O \ldots (iv)$$

ক্লোরিন   কস্টিক সোডা   সোডিয়াম ক্লোরাইড   সোডিয়াম ক্লোরেট   জল

এইরূপ,



$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$$

অতিরিক্ত শীতল চুনজলের (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ) সহিত ক্যালসিয়ামক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।



$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

অতিরিক্ত ক্লোরিন কিংবা উষ্ণ ও গাঢ় ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ থাকিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।



$$6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

শুষ্ক কলিচুনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়।



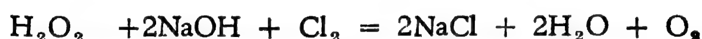
$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

তীব্র উত্তপ্ত চুনের (ক্যালসিয়াম অক্সাইড) সহিত ক্লোরিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।



$$2CaO + 2Cl_2 = CaCl_2 + O_2$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ক্ষারীয় দ্রবণে ক্লোরিন দ্রবীভূত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়।



$$H_2O_2 + 2NaOH + Cl_2 = 2NaCl + 2H_2O + O_2$$

(7) **যুত-যৌগ গঠন**—সূর্যালোকে বা সক্রিয় চারকোলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ইহা বিষাক্ত গ্যাস এবং ইহার নাম ফস্‌জিন (Phosgene)।



$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

সূর্যালোক সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত সালফিউরিল ক্লোরাইড গঠিত করে।



$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

ইথিলীনের সহিত ইহা ইথিলীন ডাই-ক্লোরাইড নামক একটি তরল পদার্থ গঠিত করে।

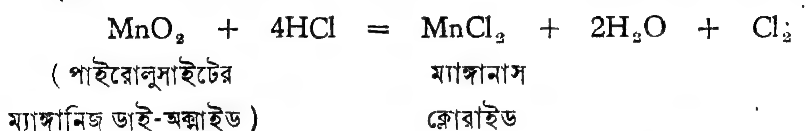


$$C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$$

ক্লোরিনের শিল্প-প্রস্তুতি

ওয়েল্ডন প্রণালী (Weldon process)—এই প্রণালীতে গাঢ় হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডকে পাইরোলুসাইট (Pyrolusite)-এর সাহায্যে জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের খনিজের নাম পাইরোলুসাইট। ইহাতে প্রায় শতকরা 10 ভাগ ফেরিক অক্সাইড থাকে। জারণের পরে যে অবশেষ থাকে তাহা পুনরায় ব্যবহার করিয়া আরও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিবার উপায় ওয়েল্ডন আবিষ্কার করিয়াছেন। সুতরাং একই পাইরোলুসাইট দ্বারা প্রচুর ক্লোরিন তৈয়ারী কবা সম্ভব।

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত পাইরোলুসাইট মিশাইয়া মিশ্রণকে ষ্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয় এবং উহা সংগ্রহ করা হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(পাইরোলুসাইটের ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড) — ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড

বিক্রিয়ার শেষে অবশিষ্ট তরলে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড, ফেরিক ক্লোরাইড (পাইরোলুসাইটের ফেরিক অক্সাইডের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়) এবং অপরিবর্তিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে। এই তরল মিশ্রণের সহিত চুনাপাথব মিশ্রিত করিয়া অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করা হয়। প্রশম দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং অদ্রাব্য ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$$

ফেবিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ থিতাইয়া ফেলিয়া উপরের দ্রবণ পৃথক করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (চুনাপাথর দ্বারা অ্যাসিড প্রশমিত করিবার ফলে উৎপন্ন) আছে। অতঃপর এই তরল মিশ্রণের সহিত অতিরিক্ত চুন-গোলা (35-40%) মিশাইয়া ষ্টীমের সাহায্যে 60° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয় এবং মিশ্রণে বায়ু পরিচালিত করা হয়। প্রথমে ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উহা বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

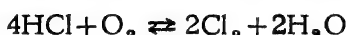
$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$
$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO_2 + 2H_2O$$

উৎপন্ন ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত চুনের সহিত ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট লবণ গঠন করে। ইহার সংকেত, CaO, MnO_2-রূপে লেখা যায়। ইহাকে "ওয়েল্ডনের কাদা" (Weldon mud) বলা হয়। ইহার সাহায্যে আরও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করিয়া ক্লোরিন তৈয়ারী করা হয়।



$$CaO, MnO_2+6HCl=CaCl_2+MnCl_2+3H_2O+Cl_2$$

ডিকনের পদ্ধতি (Deacon Process)—এই প্রণালীতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি 450° সেন্টিগ্রেডে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) প্রভাবকের উপস্থিতিতে ঘটান হয়।



$$4HCl+O_2 \rightleftharpoons 2Cl_2+2H_2O$$

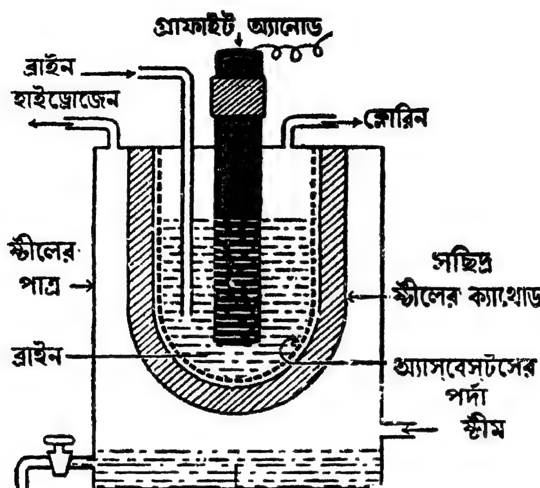
শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও বায়ুর (আয়তন হিসাবে 1 : 4 অনুপাতে) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত উত্তপ্ত (450°C) ঝামাপাথরের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। বিক্রিয়া-শেষে নির্গত গ্যাস মিশ্রণটি পর পর জল এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করা হয়। ইহাতে অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং ক্লোরিন শুষ্ক হয়। এই ক্লোরিনের সহিত বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা খুব লঘু।

তড়িৎ-প্রণালী (Electrolytic process)—বর্তমান কালে অধিকাংশ ক্লোরিন কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে ও সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়।

সাধারণ লবণের সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণকে লবণোদক বা ব্রাইন (brine) বলে। ব্রাইনের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা কস্টিক সোডার শিল্প-প্রস্তুতি করা হয় এবং এই সঙ্গে ক্লোরিন গ্যাসও উৎপন্ন হয়।

ব্রাইনের তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য যে সব যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহাদের একটির বর্ণনা এখানে করা হইয়াছে। এই যন্ত্রকে **নেল্‌সন সেল** (Nelson cell) বলা হয়। যন্ত্রটি সচ্ছিদ্র স্টীলের পাত্রের এবং ইহার আকৃতি U-এর মত। U-পাত্রটি ব্যাটারীর অপরা-মেরুর সহিত যুক্ত অর্থাৎ ইহা ক্যাথোডের কাজ করে। U-পাত্রের মধ্যে একটি গ্রাফাইট দণ্ড বসানো, ইহা পরা-মেরুর সহিত যুক্ত অর্থাৎ গ্রাফাইট দণ্ডটি অ্যানোড। U-পাত্রের (ক্যাথোডের) ভিতরের গায়ে আসবেস্টসের সচ্ছিদ্র পর্দা থাকে। U-পাত্রটি একটি স্টীলের পাত্রের মধ্যে বসানো। ইহার মধ্যে স্টীম প্রবাহিত করিয়া ক্যাথোড উত্তপ্ত রাখা হয়। সচ্ছিদ্র পর্দার ভিতরের দিকে অ্যানোড-প্রকোষ্ঠ এবং বাহিরের দিকে ক্যাথোড-প্রকোষ্ঠ। U-পাত্রের মধ্যে বিশুদ্ধ

ব্রাইন লওয়া হয়, গ্রাফাইট-অ্যানোড ব্রাইনের মধ্যে ডুবানো থাকে। তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে ব্রাইন বিশ্লিষ্ট হয়। অপর-তড়িৎবাহী ক্লোরিন অ্যানোডে



চিত্র 73—তড়িৎ-প্রণালীতে ক্লোরিনের শিল্প-প্রস্তুতি

উৎপন্ন হয় এবং উপরের নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়। নির্গত ক্লোরিন গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক ক্লোরিনকে উপযুক্ত শীতলতায় উচ্চ চাপে তরলে পরিণত করিয়া লোহার চোঙে রাখা হয়।

ক্যাথোডে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাও একটি নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন কস্টিক সোডার দ্রবণ বাহিরের স্টীলের পাত্রে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়া-কালে যন্ত্রের মধ্যে ব্রাইন নিয়মিতভাবে দেওয়া হয় যাহাতে উহার লেভেল সর্বদা একই থাকে।

ক্লোরিনের পরিচায়ক পরীক্ষা :

(*i*) সবুজাভ হলুদ বর্ণ এবং শ্বাসরোধকারী তীব্র গন্ধের সাহায্যে ক্লোরিন চিনিতে পারা যায়।

(*iii*) স্টার্চ-আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত এক টুক্‌রা ফিল্‌টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে নীল হইয়া যায়। ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করে এবং এই আয়োডিন স্টার্চের সহিত নীল বর্ণের সৃষ্টি করে।

ক্লোরিনের ব্যবহার ঃ

(i) ব্লিচিং পাউডার, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, [illegible]ন, পটাসিয়াম ক্লোরেট, ধাতব ক্লোরাইড ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

(ii) ক্লোরোফর্ম, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, গ্যামা[illegible]ন, ডি.-ডি.-টি ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) ফস্‌জিন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস ইত্যাদি বি[illegible] গ্যাস তৈয়ারী করিতে ক্লোরিন প্রয়োজন।

(iv) বস্ত্রশিল্পে ও কাগজশিল্পে ইহা বি[illegible]ঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

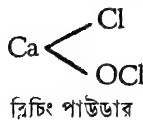
(v) বীজবারক হিসাবে এবং পানীয় জলের নির্বীজনের জন্য ইহার প্রয়োগ আছে।

ব্লিচিং পাউডার (Bleaching powder) :

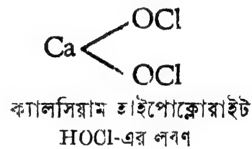
ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিনের একটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। ইহাকে চুনের ক্লোরাইডও (chloride of lime) বলে। ব্লিচিং পাউডারের গঠন সঠিকভাবে নির্ধারিত হয় নাই। ইহাকে ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট বলিয়া মনে করা হয়। ইহার সংকেত, Ca(OC)Cl। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইটের সংকেতের সহিত ইহার সংকেত তুলনা করিয়া দেখ।



ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড
HCl-এর লবণ



ব্লিচিং পাউডার



ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট
HOCl-এর লবণ

প্রস্তুতি—অনার্দ্র কলিচুন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত করা হয়।

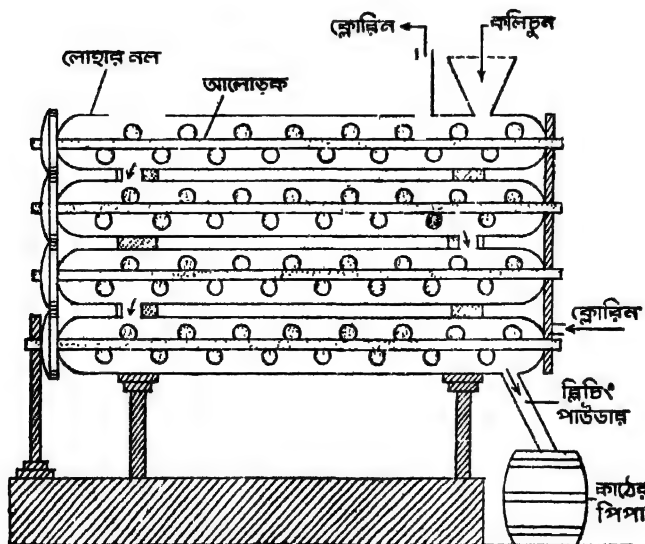


$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

(1) সীসার নির্মিত কয়েকটি বড় বড় প্রকোষ্ঠে সিমেন্টের তৈয়ারী মেঝের উপর অনার্দ্র কলিচুন ছড়াইয়া রাখা হয়। তড়িৎ-প্রণালীতে প্রস্তুত ক্লোরিন এই পদ্ধতির জন্য ব্যবহার করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পমুক্ত ক্লোরিন নলের মধ্য দিয়া প্রকোষ্ঠের মধ্যে পাঠানো হয়। কলিচুন মাঝে মাঝে নাড়িয়া দেওয়া হয়। ইহাতে ক্লোরিন কলিচুনের মধ্যে সমভাবে শোষিত হয় এবং ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার ফলে তাপমাত্রা যাহাতে 35°—40° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে না উঠে সেজন্য

মেঝের ভিতরে নলের মধ্য দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করা হয়। প্রায় 40 ঘণ্টার মধ্যে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। অতঃপর কলিচুনের সামান্য গুঁড়া প্রকোষ্ঠের মধ্যে ধুলার মত ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে অতিরিক্ত ক্লোরিন শোষিত হয়। প্রকোষ্ঠের নির্গম-পথ দিয়া ব্লিচিং পাউডার বাহির করা হয়।

(2) কয়েকটি লোহার দীর্ঘ-নল অনুভূমিকভাবে রাখা হয় এবং প্রতিটি নলের মধ্যে "স্ক্রু"-র মত দীর্ঘ আলোড়ক থাকে। সকলের উপরের নলে একটি চোঙের মধ্য দিয়া কলিচুন ঢালা হয়। আলোড়ক ঘুরিবার ফলে কলিচুন ঐ নলের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যায় এবং সেখান হইতে ছিদ্রের মধ্য দিয়া পরবর্তী নলে প্রবেশ করে। এইরূপে কলিচুন প্রতিটি নলের দৈর্ঘ্য বরাবর চালিত হইয়া একেবারে



চিত্র 74—হেজেনক্লেভার যন্ত্রে ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতি

নীচের নলে চলিয়া আসে। প্রথম নলে কলিচুন ঢালিবার সঙ্গে সঙ্গে একেবারে নীচের নল দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করা হয়। কলিচুন উপর হইতে নীচে নামে এবং ক্লোরিন নীচ হইতে উপরের দিকে উঠে। ফলে কলিচুন এবং ক্লোরিন খুব ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে আসে। কলিচুনে ক্লোরিন শোষিত হইয়া ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়। সর্বাপেক্ষা নিম্নের নল হইতে ব্লিচিং পাউডার বাহির হইয়া কাঠের পিপাতে জমা হয়।

এই পদ্ধতিতে খুব লঘু ক্লোরিন গ্যাস (যাহা ডিকন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়) ব্যবহার করা হয়। ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতির এই যন্ত্রটির নাম হেজেনক্লেভার (Hasenclever)-এর যন্ত্র।

ব্লিচিং পাউডারের ধর্ম ঃ

(i) ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিনের গন্ধযুক্ত সাদা অনিয়তাকার গুঁড়া।

(ii) জলের সহিত মিশাইলে ইহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটে বিযোজিত হয়।



$$2Ca(OCl)Cl = Ca(OCl)_2 + CaCl_2$$

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড ইহাকে বিযোজিত করিয়া ক্লোরিন নির্গত করে।



$$Ca(OCl)Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$$

বায়ুতে ব্লিচিং পাউডার খোলা অবস্থায় রাখিলে বায়ুর জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রভাবে ধীরে ধীরে ক্লোরিন নির্গত হইতে থাকে।

(iv) ইহার সহিত লঘু অ্যাসিড মিশাইলে ক্লোরিন নির্গত হয়।



$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$



$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$

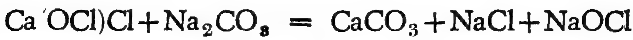
ব্লিচিং পাউডার হইতে নির্গত এই ক্লোরিনকে "প্রাপ্য ক্লোরিন" (available chlorine) বলা হয় এবং ইহার জন্যই ব্লিচিং পাউডারের জারণ ও বিরঞ্জন ক্ষমতা দেখা যায়। বাজারের ব্লিচিং পাউডারের সহিত কিছুটা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত থাকে। শেষোক্ত পদার্থ দুইটিতে ক্লোরিন থাকিলেও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উহা হইতে ক্লোরিন নির্গত হয় না। এইজন্য ব্লিচিং পাউডারের মোট ক্লোরিন ও প্রাপ্য ক্লোরিনের মধ্যে পার্থক্য করা হয়। প্রাপ্য ক্লোরিনকে সাধারণতঃ শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়। 100 ভাগ ওজনের ব্লিচিং পাউডার হইতে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যত ভাগ ক্লোরিন পাওয়া যায় তাহা প্রাপ্য ক্লোরিনের শতকরা মাত্রা। বাজারের ব্লিচিং পাউডারে সাধারণতঃ 35—37% প্রাপ্য ক্লোরিন থাকে।

(v) কোবল্ট-লবণের উপস্থিতিতে (প্রভাবক) ইহা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে।



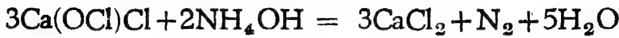
$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2$$

(vi) ইহার জলের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট দ্রবণে থাকে।



$$Ca(OCl)Cl+Na_2CO_3 = CaCO_3+NaCl+NaOCl$$

(vii) ইহার সহিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে নাইট্রোজেন বিমুক্ত হয়।



$$3Ca(OCl)Cl+2NH_4OH = 3CaCl_2+N_2+5H_2O$$

(viii) ইহা একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ। অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করে।



$$Ca(OCl)Cl+2KI+2HCl = CaCl_2+2KCl+H_2O+I_2$$

ব্যবহার

(i) বীজবারকহিসাবে এবং জলের নির্বীজনের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

(ii) ক্লোরোফর্মের শিল্প-প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

(iii) বস্ত্রাদির বিরঞ্জনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

যে বস্ত্রগুলি বিরঞ্জিত করিতে হইবে সেগুলি প্রথমে খুব লঘু কষ্টিক সোডার দ্রবণে ফুটাইয়া জলে ধৌত করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে তৈলাক্ত পদার্থগুলি অপসারিত হয়। তারপর সেইগুলিকে ব্লিচিং পাউডারের জলীয় দ্রবণে ভিজাইয়া খুব পাতলা অ্যাসিডে ধৌত করা হয়। ক্লোরিন নির্গত হয় এবং ইহা বিরঞ্জিত করে। অ্যাসিড অপসারিত করিবার জন্য বস্ত্রগুলি প্রথমে সোডার জলে এবং অতিরিক্ত ক্লোরিন অপসারিত করিবার জন্য পরে সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণে ধৌত করা হয়। অতঃপর জলে ধৌত করিবার পর বস্ত্রগুলি শুষ্ক করা হয়।

অনুশীলনী 9

1. সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাধারণ উৎস কি কি? বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

1. What are the sources of sodium chloride? How is pure sodium chloride prepared? State its uses.

2. ল্যাবরেটরীতে কিরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়? পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও—(a) ইহা জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী, (b) অ্যামোনিয়া গ্যাস ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত ইহার ক্রিয়া। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে কি ঘটে?

2. How is hydrochloric acid gas prepared in the laboratory? Describe experiments to illustrate : (a) it is very soluble in water and acid to litmus, (b) its reaction with ammonia gas and silver nitrate solution. What happens when conc. hydrochloric acid is electrolysed? [*H. S. Exam. 1961*]

3. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? অ্যাসিডরূপে ইহার বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখ। ইহাকে জারিত করিলে কি উৎপন্ন হয় ?

3. How would you prepare an aqueous solution of hydrochloric acid? State, with equations the reactions of hydrochloric acid as an acid. What happens when it is oxdised?

4. সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কিরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি করা হয় লিখ। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির উপর ইহার ক্রিয়া বর্ণনা কর।

আয়রন, সিলভার নাইট্রেট, ফেরিক অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ, ফেরাস অক্সাইড।

4. Describe how hydrochloric acid is manufactured from sodium chloride. State its action on :—

iron, silver nitrate, ferric oxide, manganese dioxide, saturated solution of sodium chloride, ferrous oxide.

[*H. S. Exam. 1962, 1964*]

5. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় কর। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (H=1) 18·25 হইলে, আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

5. Establish the volumetric composition of hydrogen chloride. Deduce its molecular formula, its relative density (H=1) being 18·25.

6. হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগের ক্ষেত্রে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটির সত্যতা কিরূপে পরীক্ষার সাহায্যে নির্ধারিত করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

6. Describe how Gay Lussac's law of gaseous volumes can be experimentally verified in the case of combination of hydrogen and chlorine.

7. ক্লোরাইড লবণ কাহাকে বলে ? কিরূপে ইহা প্রস্তুত করা হয় ? উহাদের ধর্মগুলি লিখ। ক্লোরাইড-লবণ কিরূপে সনাক্ত করিবে ?

7. What are chlorides? How are they generally prepared? State their general properties. How would you identify a chloride?

8. সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিনের প্রস্তুতির ল্যাবরেটরী-পদ্ধতি বর্ণনা কর। কিরূপে এবং কি শর্তে ক্লোরিন নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত ক্রিয়া করে?

ফস্ফরাস, অ্যামোনিয়া, পটাসিয়াম ব্রোমাইড, কার্বন মনোক্সাইড, কষ্টিক সোডা দ্রবণ, অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণ, আর্দ্র কলিচুন, অ্যান্টিমনির গুঁড়া, সোডিয়াম, আয়রন, পটাসিয়াম আয়োডাইড।

8. Starting from sodium chloride describe the laboratory method of preparation of chlorine.

How and under what conditions does chlorine react with the following?

Phosphorus, ammonia, potassium bromide, carbon monoxide, caustic soda solution, acidified ferrous sulphate solution, moist slaked lime, antimony powder, sodium, iron, potassium iodide.

[*H. S. Exam. 1962 (comp.); 1964 (comp.); 1966 (comp.)*]

9. ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?

কিরূপে দেখাইবে যে ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য? সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে পার্থক্য দেখাইয়া ইহার তিনটি ধর্মের উল্লেখ কর। (a) সোডিয়াম, (b) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (c) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (d) কলিচুন, (e) হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত ক্লোরিন কিরূপে এবং কি শর্তে ক্রিয়া করে?

9. How is chlorine prepared in the laboratory?

[*H. S Exam. 1965; 1965 (comp.); 1967; '70 (comp.)*]

How would you show that it is an oxidising agent? Tabulate three properties in respect of which it differs from sulphur dioxide. [*H. S. Exam. 1965*]

How and under what conditions does chlorine react with (a) sodium, (b) sodium hydroxide, (c) potassium iodide, (d) slaked lime, (e) hydrogen sulphide?

[*H. S. Exam. 1965 (comp.); 1967; '70 (comp.)*]

10. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুতি বর্ণনা কর : —

(a) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড,

(b) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন,

(c) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিন।

10. Describe how you would prepare—

(a) hydrochloric acid from sodium chloride.
[*H. S. Exam.* *1960 ; 1966*]

(b) chlorine from conc. hydrochloric acid.
[*H. S. Exam.* 1960 ; 1960 (*comp*)

(c) chlorine from sodium chloride. [*H. S. Exam.* 1962; 1966]

11. পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও :—

(a) ক্লোরিন ধাতু ও অধাতুর দহনে সাহায্য করে, (b) হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের তীব্র আসক্তি আছে, (c) ক্লোরিন একটি তীব্র জারক দ্রব্য, (d) ক্লোরিন বিরঞ্জকরূপে কাজ করে, (e) ক্লোরিন জলকে বিযোজিত করিয়া অক্সিজেন নির্গত করে, (f) ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন প্রতিস্থাপিত করে ; (g) কার্বনের উপর ক্লোরিনের কোন ক্রিয়া নাই।

11. Describe experiments to show that chlorine—

(a) supports combustion of metals and non-metals, (b) has great affinity for hydrogen, (c) is a strong oxidising agent, (d) acts as a bleaching agent, (e) decomposes water and liberates oxygen, (f) displaces iodine from potassium iodide, (g) has no action on carbon.

12. $H_2 + Cl_2 = 2HCl$, এই সমীকরণটির আয়তনমাত্রিক তাৎপর্য বিশদ-ভাবে লিখ। ইহা প্রমাণ করিবার জন্য কি পরীক্ষা করিবে ?

12. State the full volumetric significance of the equation ; $H_2 + Cl_2 = 2HCl$.

What experiments would you perform to establish it ?

13. সাধারণ লবণের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণটি সামান্য উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে বর্ণনা কর। (a) ভিজা লিটমাস কাগজ, (b) অ্যামোনিয়া গ্যাস, (c) লোহিত-তপ্ত আয়রন, (d) লেড নাইট্রেট দ্রবণের সহিত উৎপন্ন গ্যাসের ক্রিয়া কি ?

উপরের ক্ষেত্রে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইবার পূর্বে সাধারণ লবণের সহিত সামান্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া লইলে কি পার্থক্য লক্ষ্য করিতে? এ ক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসের সহিত (a) ভিজা লিটমাস কাগজ, (b) অ্যামোনিয়া, (c) লোহিত-তপ্ত আয়রন এবং (d) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের ক্রিয়া কি ?

13. Describe what happens when conc. sulphuric acid is added to common salt and the mixture slightly warmed. What is the effect of the gas produced on (a) moist litmus paper, (b) ammonia gas, (c) red-hot iron, (d) lead nitrate solution ?

If a little manganese dioxide were mixed with the common salt before this conc. sulphuric acid is added, what difference would you observe ? What is the effect of the gas produced in the latter case on (a) moist litmus paper, (b) ammonia, (c) red-hot iron, (d) potassium iodide solution ?

14. ওয়েল্‌ডন পদ্ধতি এবং ডিকনের পদ্ধতির সাহায্যে ক্লোরিনের শিল্প-প্রস্তুতির রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা করিয়া লিখ।

14. Explain the chemical reactions involved in the manufacture of chlorine by Weldon process and Deacon's process.

15. ব্লিচিং পাউডার কিরূপে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। বিরঞ্জনের জন্য ইহা কিরূপে ব্যবহৃত হয় ? ব্লিচিং পাউডারের "প্রাপ্য ক্লোরিন" বলিতে কি বোঝ ?

15. Describe how bleaching powder is prepared.
State how it is used for bleaching. [H. S. 1969 (*comp.*)]
What do you understand by "available chlorine" in bleaching powder ?

16. কিরূপে প্রমাণ করিবে—

(a) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন আছে,

(b) সোডিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে ?

16. How would you show that—

(a) hydrogen chloride contains hydrogen and chlorine,

(b) sodium chloride contains chlorine ?

অধ্যায় 10

ব্রোমিন, আয়োডিন, ফ্লোরিন

(Bromine, Iodine, Fluorine)

ব্রোমিন (Bromine)

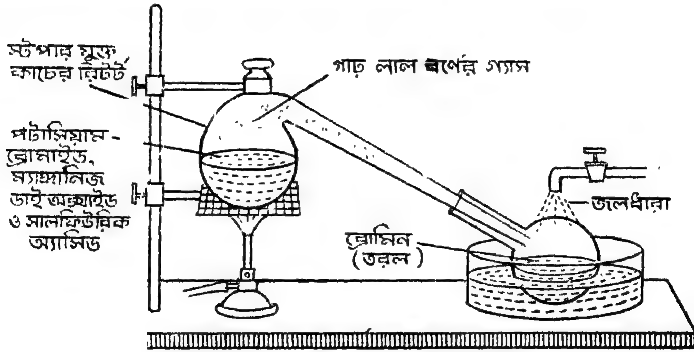
ব্রোমিন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। যুক্তাবস্থায় ব্রোমাইড রূপে সমুদ্রজলে এবং জার্মানির স্টাস্‌ফার্ট লবণস্তূপে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

পরীক্ষা 10.1. ব্রোমিন প্রস্তুতিঃ ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—পটাসিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক আসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।



$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

পটাসিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ একটি কাচের রিটর্টে লইয়া রিটর্টটি তার-জালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত



চিত্র 75—ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন প্রস্তুতি

আটকাও। রিটর্টের লম্বা মুখটি একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করাও। পাত্রে জলের উপর বসাইয়া ফ্লাস্কটি জলধারায় শীতল কর। রিটর্টটি উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিনের লালবর্ণের গ্যাস নির্গত হয়। শীতল ফ্লাস্কের সংস্পর্শে আসিয়া ইহা গাঢ় লাল বর্ণের তরলরূপে ফ্লাস্কের মধ্যে সঞ্চিত হয়।

লক্ষ্য কর, ক্লোরাইড হইতে যে উপায়ে ক্লোরিন পাওয়া যায় (9. 11 নং পরীক্ষা) ব্রোমাইড হইতে সেইরূপে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

ব্রোমিনের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম – (i) ব্রোমিন গাঢ় লাল বর্ণের তরল পদার্থ।

(ii) ইহার ঘনত্ব 3·15 এবং স্ফুটনাঙ্ক 58·8°C। খুব উদ্বায়ী বলিয়া সাধারণ তাপমাত্রাতেই তরল ব্রোমিন হইতে লাল বর্ণের গ্যাস নির্গত হইতে থাকে।

(iii) ব্রোমিন তীব্র বিষাক্ত পদার্থ। ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে যন্ত্রণদায়ক ক্ষতের সৃষ্টি হয়।

(iv) ব্রোমিন জলে কিছুটা দ্রাব্য। ইহার জলীয় দ্রবণকে ব্রোমিন-জল (bromine water) বলে। অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, কার্বন ডাই-সালফাইড ইত্যাদি জৈব তরল পদার্থে ইহা খুব দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—রাসায়নিক ধর্মে ব্রোমিন ও ক্লোরিনের যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে। কিন্তু ইহা ক্লোরিন অপেক্ষা কম সক্রিয়।

(i) ব্রোমিন অধিকাংশ ধাতু ও অধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন করে। কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত হয় না।


$2Na + Br_2 = 2NaBr$ (সোডিয়াম ব্রোমাইড)


$2K + Br_2 = 2KBr$ (পটাসিয়াম ব্রোমাইড)


$Mg + Br_2 = MgBr_2$ (ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড)


$3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8$ (আয়রন ব্রোমাইড)


$2P + 3Br_2 = 2PBr_3$ (ফস্‌ফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড)


$2As + 3Br_2 = 2AsBr_3$ (আর্সেনিক ট্রাই-ব্রোমাইড)

ব্রোমিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম। হাইড্রোজেন ও ব্রোমিনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।


$$H_2 + B_2 = 2HBr$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে ধাতু ও অধাতুর সহিত অপরা-তড়িৎবাহী ব্রোমিন যুক্ত হইয়া উহারা ব্রোমাইডে জারিত হইয়াছে। ব্রোমিন এখানে জারক দ্রব্য।

(ii) ব্রোমিন-জল সূর্যালোকে রাখিলে বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।


$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

ব্রোমিনের সংপৃক্ত জলীয় দ্রবণ হিম-মিশ্রণে শীতল করিলে ব্রোমিন হাইড্রেটের ($Br_2, 8H_2O$) লাল কেলাস উৎপন্ন হয়।

(iii) ব্রোমিনের জারণ ধর্ম আছে, কিন্তু ইহা ক্লোরিন অপেক্ষা মৃদু। ব্রোমিন-জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে উহা বর্ণহীন হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। হাইড্রোজেন অপসারিত হইয়া হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারে জারিত হয় এবং হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া ব্রোমিন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়।



$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$$

ব্রোমিন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং সালফাইট লবণকে সালফেট লবণে জারিত করে। নিজে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়।



$$SO_2 + 2H_2O + Br_2 = H_2SO_4 + 2HBr$$



$$Na_2SO_3 + H_2O + Br_2 = Na_2SO_4 + 2HBr$$

ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করে। পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হয় (পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়ামের অপসারণ) এবং ব্রোমিন পটাসিয়াম ব্রোমাইডে বিজারিত হয় (পরা-তড়িৎবাহী পটাসিয়ামের সংযোগ)।



$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(iv) ব্রোমিন-জলের মৃদু বিরঞ্জন-ধর্ম আছে। ইহা ভিজা লিটমাস কাগজকে বিরঞ্জিত করে।

(v) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত ইহা ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট উৎপন্ন করে।



$$Br_2 + 2NaOH = NaBr + NaOBr + H_2O$$

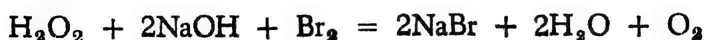
ব্রোমিন — সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড — সোডিয়াম ব্রোমাইড — সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট — জল

উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন করে।



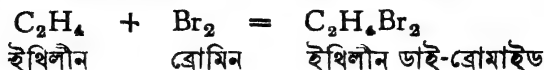
$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3$ (সোডিয়াম ব্রোমেট) $+ 3H_2O$

ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে ব্রোমিন দ্রবীভূত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে।



$$H_2O_2 + 2NaOH + Br_2 = 2NaBr + 2H_2O + O_2$$

(vi) ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও যুত-যৌগ গঠন করিতে পারে।



$$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$$

ইথিলীন ব্রোমিন ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড

পরিচায়ক পরীক্ষা :

(i) গাঢ় লাল রঙ ও ঝাঁঝাল গন্ধ দ্বারা ব্রোমিন চিনিতে পারা যায়।

(ii) স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিনের সংস্পর্শে নীল হইয়া যায়।

(iii) ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়া বাদামী রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার

(1) বিভিন্ন ব্রোমাইড লবণ তৈয়ারী করিতে ব্রোমিন প্রয়োজন। ব্রোমাইড লবণগুলি ঔষধে এবং ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়।

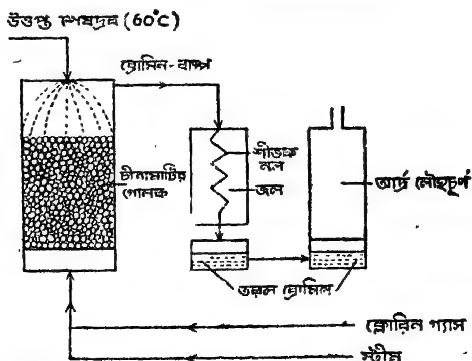
(2) রঞ্জন-দ্রব্য, ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড ও মিথাইল ব্রোমাইড, কোন কোন কাঁদুনে গ্যাস তৈয়ারী করিতে ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়।

(3) জারক দ্রব্যরূপে ও বীজবারকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

শিল্প-প্রস্তুতি :

দুইটি উৎস হইতে শিল্পের জন্য ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

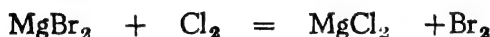
(1) **কার্নালাইট হইতে**—কার্নালাইট খনিজ পদার্থ, ইহার সংকেত KCl, $MgCl_2, 6H_2O$। ইহার সহিত সামান্য পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। এই ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 76—কার্নালাইট হইতে ব্রোমিনের শিল্প-প্রস্তুতি

চূর্ণ কার্নালাইটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া জলীয় দ্রবণ উত্তাপের সাহায্যে গাঢ় করা হয়। উত্তপ্ত গাঢ় দ্রবণ ঠাণ্ডা করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। পটাসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস অপসারিত করিয়া যে শেষ-দ্রব (mother liquor) পাওয়া যায় তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও ব্রোমাইড দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রবণকে "বিটার্ন" (bittern) বলে।

চীনামাটির গোলকপূর্ণ একটি স্তম্ভের উপর হইতে উত্তপ্ত (60°C) শেষ-দ্রব ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের নীচ হইতে ক্লোরিন ও স্টীম পরিচালিত করা হয়। স্তম্ভের উপর হইতে শেষ-দ্রব নীচের দিকে পড়ে এবং ক্লোরিন ও স্টীম স্তম্ভের নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিতে থাকে। ক্লোরিন শেষ-দ্রবের ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন নির্গত করে।



$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

নির্গত ব্রোমিনের বাষ্প স্টীম-প্রবাহে স্তম্ভের উপরের দিকের নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া শীতক-নলে প্রবেশ করে। ব্রোমিন-বাষ্প তরল ব্রোমিনে পরিণত হইয়া নীচে সঞ্চিত হয়। শীতক-নল হইতে যদি কোন ব্রোমিন-বাষ্প বাহির হয় তবে তাহা আর্দ্র লৌহচূর্ণে শোষিত হইয়া আয়রন ব্রোমাইড গঠন করে (চিত্র 76)।

(2) **সমুদ্রের জল হইতে**—সমুদ্রের জলে অন্যান্য লবণের সহিত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর ব্রোমাইড লবণ দ্রবীভূত থাকে। সমুদ্রের জলের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া অ্যাসিডযুক্ত জলের মধ্যে ক্লোরিন প্রবাহিত করা হয়। ক্লোরিন ব্রোমাইড লবণ হইতে ব্রোমিন নির্গত করে।



$$2NaBr + Cl_2 = 2NaCl + Br_2$$

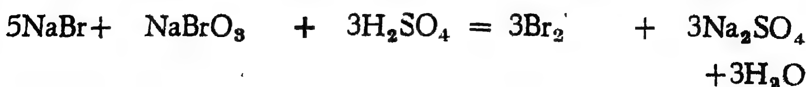


$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

নির্গত ব্রোমিনকে জল হইতে বায়ু-প্রবাহের সাহায্যে ব্রোমিন-বাষ্পরূপে বাহির করিয়া আনিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে শোষিত করা হয়। সোডিয়াম ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন হয়। ইহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে ব্রোমিন নির্গত হয়।



$$3Br_2 + 3Na_2CO_3 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3CO_2$$



$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

আয়োডিন (Iodine)

আয়োডিন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। যুক্ত অবস্থায় সমুদ্র-জলে, সামুদ্রিক উদ্ভিদে, চিলির সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচি (caliche)-তে পাওয়া যায়।

পরীক্ষা 10.2. আয়োডিন প্রস্তুতি ঃ ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয়।



$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O + I_2$$

ব্রোমিন যে যন্ত্রে তৈয়ারী করিয়াছ (10.1. নং পরীক্ষা ; চিত্র নং 75) এক্ষেত্রে সেইরূপ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ রিটর্টে লইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিনের বেগুনী বাষ্প নির্গত হয়। শীতল ফ্লাস্কের মধ্যে উহা উজ্জ্বল স্ফটিকাকারে সঞ্চিত হয়।

আয়োডিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম—*(i)* আয়োডিন ধূসর বর্ণের উজ্জ্বল স্ফটিক।

(ii) ইহার ঘনত্ব 4·94 এবং গলনাঙ্ক 114°C। উত্তপ্ত করিলে গলনাঙ্কের অনেক কম তাপমাত্রায় ইহা বেগুনী রঙের বাষ্পে পরিণত হয় এবং শীতল করিলে ইহা পুনরায় কঠিন আয়োডিনে পরিণত হয়। অর্থাৎ, ইহার ঊর্ধ্বপাতন-ধর্ম আছে। আয়োডিনের বাষ্প ঝাঁঝাল।

(iii) আয়োডিন জলে সামান্য দ্রাব্য কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, কার্বন ডাই-সালফাইড ইত্যাদি জৈব তরল পদার্থে খুব দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—ক্লোরিন ও ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্মের সহিত আয়োডিনের ধর্মের অনেক সাদৃশ্য আছে কিন্তু আয়োডিন ঐ মৌল দুইটি অপেক্ষা অনেক কম সক্রিয়।

(i) আয়োডিন অনেক মৌলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

সাদা ফস্ফরাস ও আয়োডিন একত্র করিলে প্রচণ্ড রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং ফস্ফরাস ট্রাই-আয়োডাইড গঠিত হয়।



$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

আয়োডিনের সহিত অতিরিক্ত পারদ মিশাইয়া একটি খলে ঘষিলে সবুজ রঙের মারকিউরাস আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।



$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2$$

অতিরিক্ত আয়োডিন থাকিলে লাল মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।



$$Hg + I_2 = HgI_2$$

ক্লোরিনের সহিত ইহা আয়োডিন মনোক্লোরাইড (ICl, লাল কঠিন পদার্থ), আয়োডিন ট্রাই-ক্লোরাইড (ICl_3, হলুদ কঠিন পদার্থ), ও ব্রোমিনের সহিত আয়োডিন মনো-ব্রোমাইড (IBr, কালো, কঠিন পদার্থ) উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেনের সহিত আয়োডিনের ক্রিয়া ব্রোমিনের ক্রিয়া অপেক্ষা মৃদু। প্লাটিনাম প্রভাবকের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে আংশিকভাবে হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়।



$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

(ii) আয়োডিনের জারণ-ধর্ম খুবই মৃদু। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে, সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে, সালফাইট লবণকে সালফেট লবণে জারিত করে। প্রতিক্ষেত্রে ইহা হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়।



$$I_2 + H_2S = S + 2HI$$



$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI$$



$$I_2 + Na_2SO_3 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$$

(iii) আয়োডিন জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং ইহার কোন বিরঞ্জন ধর্ম দেখা যায় না।

(iv) ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের উপর আয়োডিনের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু ক্লোরিন বা ব্রোমিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নির্গত করিতে পারে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে আয়োডিন, ক্লোরিন বা ব্রোমিন অপেক্ষা কম সক্রিয়।



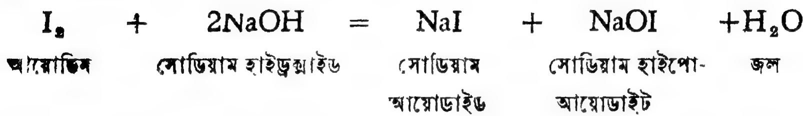
$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2 \; ; \; 2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(v) আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড নামের একটি পদার্থ উৎপন্ন হয়।



$$KI + I_2 \rightleftarrows KI_3$$

(vi) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত ইহা আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট উৎপন্ন করে। হাইপো-আয়োডাইট এত অস্থায়ী যে রাখিয়া দিলে ইহা আয়োডেটে পরিণত হয়।



$$I_2 + 2NaOH = NaI + NaOI + H_2O$$



$$3NaOI = 2NaI + NaIO_3 \text{ (সোডিয়াম আয়োডেট)}$$

উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন হয়।



$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

আয়োডিন ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।



$$H_2O_2 + 2NaOH + I_2 = 2NaI + 2H_2O + O_2$$

(vii) উত্তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ইহা আয়োডিক অ্যাসিডে জারিত হয়। $3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$

পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন বেগুনী বাষ্প উৎপন্ন করে।

(ii) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণের সংস্পর্শে আসিলে ঘোর নীল বর্ণ উৎপন্ন হয়।

এই পরীক্ষাটি আয়োডিন সনাক্তকরণের নিশ্চিত পরীক্ষা। পঞ্চাশ লক্ষ ভাগ জলে এক ভাগ আয়োডিন থাকিলেও এই পরীক্ষার সাহায্যে আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা যায়।

(iii) কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়া ইহা বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার

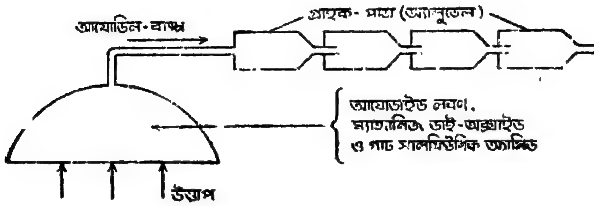
(1) বীজবারক ঔষধরূপে আয়োডিন ব্যবহৃত হয়। কাটা ঘা ও ক্ষতের জন্য যে "টিঞ্চার আয়োডিন" (tincture iodine) ব্যবহার করা হয় তাহা পটাসিয়াম আয়োডাইড ও অ্যালকোহলে আয়োডিন দ্রবীভূত করিয়া তৈয়ারী করা হয়।

(2) পটাসিয়াম আয়োডাইড, আয়োডোফর্ম এবং কোন কোন রঞ্জক তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(3) রাসায়নিক বিশ্লেষণে ইহার ব্যবহার আছে।

শিল্প-প্রস্তুতি

সামুদ্রিক উদ্ভিদ্‌গুলি মৃদুতাপে ভস্মীভূত করিয়া যে ভস্ম পাওয়া যায় তাহাকে কেল্‌প (kelp) বলে। এই ভস্মে সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের আয়োডাইড, ক্লোরাইড, সালফেট ইত্যাদি লবণ থাকে। এই ভস্মকে জলের সহিত ফুটাইয়া আয়োডাইড ও অন্যান্য দ্রাব্য লবণগুলি দ্রবীভূত করা হয় এবং ফিলটার করিয়া অদ্রাব্য অবশেষ হইতে



চিত্র 77—আয়োডিনের শিল্প-প্রস্তুতি

পৃথক করা হয়। তাপ-প্রয়োগে পরিস্রুত-দ্রবণ গাঢ় করিয়া শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য ক্লোরাইড ও সালফেট লবণগুলি কেলাসাকারে পৃথক হয়। ফিলটার করিলে যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহাতে আয়োডাইড লবণ থাকে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত এই দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া লোহার তৈয়ারী রিটর্টে উত্তপ্ত করা হয়। আয়োডিনের বাষ্প নির্গত হয় এবং চিনামাটির গ্রাহক-পাত্রে (অ্যালুডেল) কঠিন আয়োডিন রূপে সঞ্চিত হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইড—

ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া—ক্লোরাইড লবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয়, ইহা তোমরা জান (215 পৃষ্ঠা দেখ)। ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে জারিত করে এবং ব্রোমিন ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

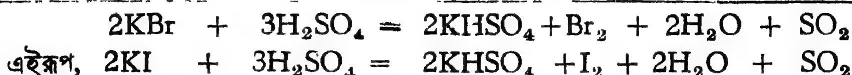
সেইরূপ, সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারণের ফলে হাইড্রোজেন আয়োডাইড হইতে আয়োডিন ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2KBr + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HBr$$



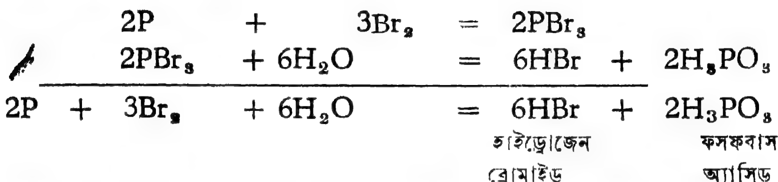
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + 2H_2O + SO_2$$



$$2KBr + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

এইরূপ, $2KI + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + I_2 + 2H_2O + SO_2$

পরীক্ষা 10.3. হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—লাল ফস্‌ফরাস ও জলের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ার দ্বারা ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড তৈয়ারী করা হয়।



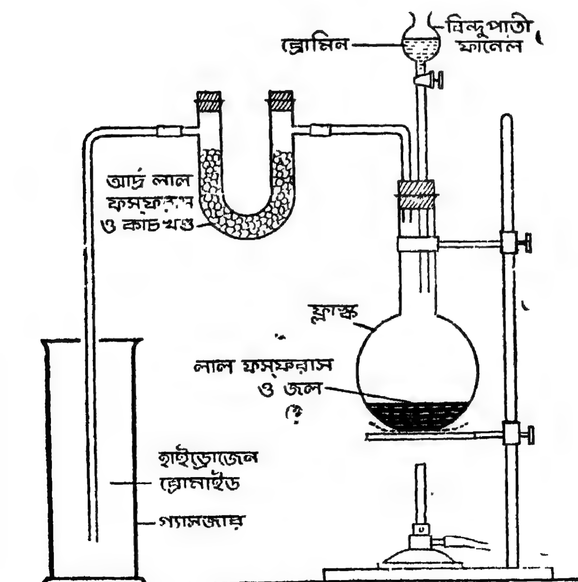
$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$

$$2PBr_3 + 6H_2O = 6HBr + 2H_3PO_3$$

$$2P + 3Br_2 + 6H_2O = 6HBr + 2H_3PO_3$$

(6HBr: হাইড্রোজেন ব্রোমাইড; $2H_3PO_3$: ফসফরাস অ্যাসিড)

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে লাল ফস্‌ফরাস ও জল লও



চিত্র 78—হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

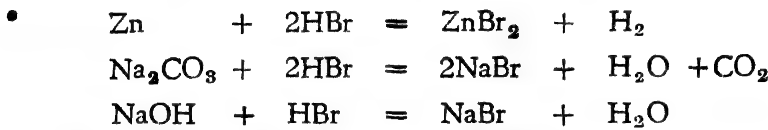
বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ব্রোমিন লাল ফস্‌ফরাস ও জলের

উপরে ফেল। বিক্রিয়ার ফলে ফ্লাস্কটি গরম হয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। ইহার সহিত ব্রোমিনের বাষ্প মিশ্রিত থাকে। বিক্রিয়ার শেষের দিকে ফ্লাস্কটি সামান্য উত্তপ্ত কর। নির্গত গ্যাস-মিশ্রণ U-নলে রক্ষিত আর্দ্র লাল ফস্‌ফরাস ও কাচ-খণ্ডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। মিশ্রিত ব্রোমিন-বাষ্প ইহাতে শোষিত হয়। অতঃপর বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(ii) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড জলে খুব দ্রাব্য। ইহার জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বলে।

(iii) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে, কতকগুলি ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে এবং ক্ষারকের সহিত লবণ ও জল উৎপন্ন করে।



$$Zn + 2HBr = ZnBr_2 + H_2$$
$$Na_2CO_3 + 2HBr = 2NaBr + H_2O + CO_2$$
$$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$$

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের লবণকে **ব্রোমাইড** (bromide) বলে। যথা, সোডিয়াম ব্রোমাইড (NaBr), জিঙ্ক ব্রোমাইড ($ZnBr_2$)।

(iv) ইহার জলীয় দ্রবণ সূর্যালোকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন হয়।

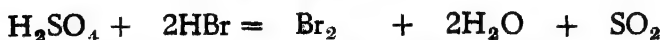


$$4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$$

(v) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্লোরিন ইত্যাদি জারক পদার্থ দ্বারা ইহা ব্রোমিনে জারিত হয়।



$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$$



$$H_2SO_4 + 2HBr = Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

পরিচায়ক পরীক্ষা—(i) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ধাতব ব্রোমাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিনের লাল বাষ্প উৎপন্ন হয়।

(ii) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ব্রোমাইড লবণের জলীয় দ্রবণে সিলভার

নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইয়া হাল্কা হলুদ রঙের সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়।

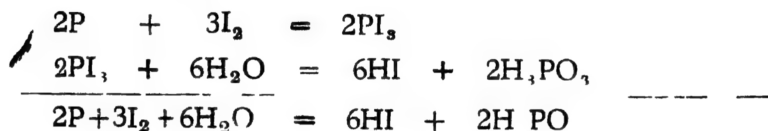


$$HBr + AgNO_3 = AgBr + HNO_3$$



$$NaBr + AgNO_3 = AgBr + NaNO_3$$

পরীক্ষা 10.4. হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—লাল ফস্ফরাস ও জলের সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়া দ্বারা ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$
$$2PI_3 + 6H_2O = 6HI + 2H_3PO_3$$
$$2P + 3I_2 + 6H_2O = 6HI + 2H_3PO_3$$

যেরূপ যন্ত্রপাতির সাহায্যে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড তৈয়ারী করিয়াছে (10.3. নং পরীক্ষা, 78 নং চিত্র) হাইড্রোজেন আয়োডাইড তৈয়ারীর জন্য সেইরূপ যন্ত্রপাতি প্রয়োজন। এক্ষেত্রে, ফ্লাস্কে লাল ফস্ফরাস ও আয়োডিন লইয়া বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল মিশাও। তীব্রভাবে বিক্রিয়াটি ঘটে এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড নির্গত হয়। প্রয়োজন হইলে ফ্লাস্কটিকে শীতল জল দিয়া ঠাণ্ডা কর। উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে আর্দ্র ফস্ফরাস ও কাচ-খণ্ডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া (ইহাতে মিশ্রিত আয়োডিনের বাষ্প শোষিত হয়) গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ কর।

ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন আয়োডাইড ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(ii) উত্তপ্ত করিলে ইহা হাইড্রোজেন ও আয়োডিনে বিযোজিত হয়।



$$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$$

(iii) হাইড্রোজেন আয়োডাইড জলে খুব দ্রাব্য। ইহার জলীয় দ্রবণকে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বলে।

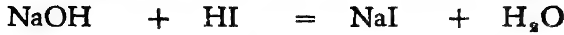
(iv) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে এবং অ্যাসিডের সব ধর্ম ইহাতে দেখা যায়।



$$Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2$$



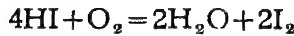
$$Na_2CO_3 + 2HI = 2NaI + H_2O + CO_2$$



$$NaOH + HI = NaI + H_2O$$

হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের লবণকে **আয়োডাইড** (Iodide) বলে। যথা, সোডিয়াম আয়োডাইড (NaI), জিঙ্ক আয়োডাইড (ZnI_2)।

(v) ইহার জলীয় দ্রবণ সূর্যালোকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন হয়।



$$4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$$

(vi) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের বিজারণ-ধর্ম আছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্লোরিন, ব্রোমিন, ফেরিক ক্লোরাইড ইত্যাদিকে ইহা বিজারিত করে। হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়।



$$2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$$



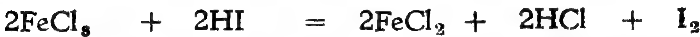
$$2HNO_3 + 2HI = 2H_2O + I_2 + 2NO_2$$



$$Cl_2 + 2HI = 2HCl + I_2$$



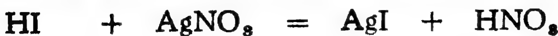
$$Br_2 + 2HI = 2HBr + I_2$$



$$2FeCl_3 + 2HI = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$$

পরিচায়ক পরীক্ষা—(i) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বা ধাতব আয়োডাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিনের বেগুনী বাষ্প নির্গত হয়।

(ii) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বা আয়োডাইড লবণের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে হলুদ রঙের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে অদ্রাব্য।



$$HI + AgNO_3 = AgI + HNO_3$$



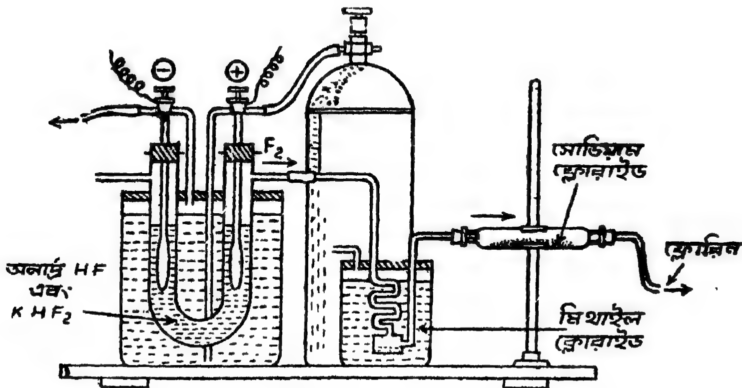
$$NaI + AgNO_3 = AgI + NaNO_3$$

ফ্লোরিন (Fluorine)

ফ্লোরিন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। খনিজ পদার্থ ফ্লোরস্পারে (Fluorspar, CaF_2) ক্রায়োলাইটে (Cryolite, AlF_3, 3NaF) এবং ফ্লোর-

অ্যাপাটাইটে [Fluor-apatite, CaF_2, $3Ca_3(PO_4)_2$] ফ্লোরাইড হিসাবে ফ্লোরিন থাকে।

প্রস্তুতি—ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের ন্যায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফ্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া ফ্লোরিন তৈয়ারী করা যায় না। কারণ, কোন রাসায়নিক জারক দ্রব্য ফ্লোরাইডকে ফ্লোরিনে জারিত করিতে পারে না। এইজন্য তড়িৎপ্রবাহের সাহায্যে ফ্লোরাইডকে ফ্লোরিনে জারিত করা হয়। প্রথম দিকে ইহাতে নানাবিধ অসুবিধা দেখা দিয়াছিল। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ফ্লোরিনের পরিবর্তে অক্সিজেন এবং ওজোনের (ozone) মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে, অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড তড়িৎ-অপরিবাহী। আবার, ফ্লোরিন এত ক্রিয়াশীল যে কাচ, কার্বন ইত্যাদির পাত্রকে আক্রমণ করে। উপরন্তু হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড খুব উদ্বায়ী (স্ফুটনাঙ্ক 19·5°C) এবং বিষাক্ত। এই সমস্ত কারণে ফ্লোরিন তৈয়ারী করা অত্যন্ত কষ্টকর ছিল। এই অসুবিধাগুলি দূর করিয়া 1886 খৃস্টাব্দে ময়সাঁ (Moissan) সর্বপ্রথম ফ্লোরিন প্রস্তুত করেন।



চিত্র 79—ময়সাঁর পদ্ধতিতে ফ্লোবিন প্রস্তুতি

অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে (HF) পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (KHF_2) দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। প্লাটিনাম ও ইরিডিয়াম ধাতু-সংকর দ্বারা নির্মিত তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্র এবং তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে এই তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। উদ্বায়ী হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড যাহাতে বাষ্পায়িত

না হয় সেজন্য মিথাইল ক্লোরাইড (স্ফুটনাঙ্ক—23°C) দ্বারা তড়িৎ-বিশ্লেষণের পাত্রটি শীতল করা হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে ফ্লোরিন নির্গত হয়। নির্গত ফ্লোরিনে হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। নির্গত ফ্লোরিনকে মিথাইল ক্লোরাইডে শীতল করা প্লাটিনাম-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয়। ইহার মধ্যে মিশ্রিত হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড তরলে পরিণত হইয়া পৃথক হয়। অতঃপর ইহাকে প্লাটিনাম টিউবে রক্ষিত গলিত সোডিয়াম ফ্লোরাইডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে অবশিষ্ট হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড শোষিত হয়। $NaF+HF=NaHF_2$। বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা প্লাটিনাম-গ্যাসজারে ফ্লোরিন সংগ্রহ করা হয়।

বর্তমানে উন্নততর পদ্ধতির সাহায্যে ফ্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।

ধর্ম—(i) ফ্লোরিন হাল্‌কা সবুজাভ হলুদ বর্ণের বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(ii) ফ্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল গ্যাস। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত ইহা অন্যান্য মৌলের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

হাইড্রোজেনের প্রতি ফ্লোরিনের আসক্তি খুব বেশী। সাধারণ তাপমাত্রায় অন্ধকারেও হাইড্রোজেন ও ফ্লোরিনের মিশ্রণ প্রচণ্ড বিস্ফোরণ সহ হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। $H_2+F_2=2HF$

(iii) ফ্লোরিন জলকে সাধারণ তাপমাত্রায় বিশ্লিষ্ট করে। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড এবং ওজোনসমন্বিত অক্সিজেন (ozonised oxygen) উৎপন্ন করে।



$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$$



$$3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3 \text{ (ওজোন)}$$

(iv) ক্লোরাইড, ব্রোমাইড, আয়োডাইড হইতে ইহা যথাক্রমে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে।



$$2KCl + F_2 = 2KF + Cl_2$$



$$2KBr + F_2 = 2KF + Br_2$$



$$2KI + F_2 = 2KF + I_2$$

(v) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত ফ্লোরিন মনোক্সাইড ও সোডিয়াম ফ্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$2E_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O + H_2O$$

গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত ইহা অক্সিজেন নির্গত করে।



$$2F_2 + 4NaOH = 4NaF + 2H_2O + O_2$$

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড

প্রস্তুতি—চূর্ণ ফ্লোরস্পার (CaF_2) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ সীসা-নির্মিত রিটর্টে লইয়া বালি-খোলায় উত্তপ্ত করিলে (300° সেন্টিগ্রেডের নীচে) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প নির্গত হয়। সীসা-নির্মিত গ্রাহক পাত্রে জলের মধ্যে এই বাষ্প দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই জলীয় দ্রবণ কাচ-পাত্র ক্ষয় করে বলিয়া উহা গাটাপার্চার বোতলে রাখা হয়।

ধর্ম—(i) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড খুব বিষাক্ত ধূমায়মান তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 19·5°C। ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে ইহা গভীর ক্ষতের সৃষ্টি করে।

(ii) ইহা জলে দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। ইহার লবণকে **ফ্লোরাইড** (fluoride) বলে। যথা, সোডিয়াম ফ্লোরাইড (NaF), ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড (CaF_2) ইত্যাদি।

(iii) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস শুষ্ক সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ফ্লোরাইড দ্বারা শোষিত হইয়া সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে।
$HF + NaF = NaHF_2$

(iv) সিলিকার (সিলিকন ডাই-অক্সাইড) সহিত হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড উদ্বায়ী সিলিকন টেট্রা-ফ্লোরাইড (SiF_4) উৎপন্ন করে। অতিরিক্ত হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড থাকিলে হাইড্রোফ্লোরো-সিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$



$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$ (হাইড্রোফ্লোরো-সিলিসিক অ্যাসিড)

কাচের উপাদান সাধারণতঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সিলিকেট। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে কাচের সিলিকেট এই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সিলিকন টেট্রা-ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। ইহা খুব

উদ্বায়ী বলিয়া গঠিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে উপিয়া যায় এবং কাচ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এইজন্য কাচের উপর দাগ কাটিবার জন্য হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।



$$Na_2SiO_3 + 6HF = 2NaF + SiF_4 + 3H_2O$$

সোডিয়াম সিলিকেট, হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম ফ্লোরাইড, সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড



$$CaSiO_3 + 6HF = CaF_2 + SiF_4 + 3H_2O$$

পরীক্ষা 10. 5. একখানি পরিষ্কার কাচের ফলকের উপর পাতলা মোমের প্রলেপ দাও। একটি সূচের সাহায্যে মোমের উপর কিছু লিখিয়া দাও বা কোন নক্শা আঁক। অতঃপর ইহার উপর হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিয়া ব্রাশ দিয়া আস্তে আস্তে সমস্ত জায়গায় ছড়াইয়া দাও। কাচের যে অংশ অনাবৃত, সেই অংশ অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং লেখা বা নক্শা অনুযায়ী কাচ খোদাই হয়। মোমে আবৃত অংশ অপরিবর্তিত থাকে। জল দিয়া অতিরিক্ত হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড এবং তারপিন তেল দিয়া মোম ধুইয়া ফেল। কাচের গায়ে লেখাটি বা নক্শাটি দেখা যায়।

ব্যবহার—(i) কাচের উপর খোদাই-কার্য করিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। কাচের যন্ত্রপাতিতে ইহার সাহায্যে দাগ কাটা হয়।

(ii) কৃত্রিম উপায়ে ক্রায়োলাইট প্রস্তুত করিতে, ঢালাই লোহার দ্রব্য হইতে বালি অপসারণের জন্য, পেট্রোলিয়াম-খনির গর্ত করিবার সময় বালির স্তর অপসারণের কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়।

হ্যালোজেন্‌স (Halogens)

তুলনামূলক আলোচনা—ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, এই চারিটি অধাতব মৌলিক পদার্থকে একসঙ্গে **হ্যালোজেন্‌স** বলে। গ্রীক ভাষায় হ্যাল্‌স (Hals) শব্দের অর্থ সামুদ্রিক লবণ। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন সমুদ্রের জলে লবণরূপে পাওয়া যায় বলিয়া এইরূপ নামকরণ হইয়াছে। হ্যালোজেনের লবণগুলির সাধারণ নাম **হ্যালাইড্‌স** (halides)। হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্ম পড়িবার সময় লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে উহাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে। পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের ধর্মের ক্রমান্বয় পরিবর্তন বিশেষ লক্ষণীয়। প্রথম হ্যালোজেন-সভ্য

অর্থাৎ ফ্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল এবং প্রস্তুতি ও ধর্মে অন্যান্য হ্যালোজেন-সভ্যের সহিত ইহার কিছুটা পার্থক্য আছে।

অবস্থান—প্রতিটি মৌল কেবলমাত্র যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি—ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন একই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ জারিত করিয়া যথাক্রমে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন তৈয়ারী করা হয়। বিক্রিয়ার সাধারণ সমীকরণটি নিম্নরূপে লেখা যায়—



$$2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + 2H_2O + MnSO_4 + X_2$$

এখানে X = Cl, Br বা I।

ফ্লোরিন প্রস্তুতির পদ্ধতি অন্যরূপ, তাহা বলা হইয়াছে।

ভৌত ধর্ম

ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
পারমাণবিক গুরুত্ব,	19	35·5	80	127
ভৌত অবস্থা, বর্ণ ও গন্ধ	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত হাল্‌কা হলুদ বর্ণের গ্যাস।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস।	তীব্রতর ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গাঢ় লাল বর্ণের তরল।	ধূসর বর্ণের উজ্জ্বল স্ফটিক, বাষ্প বেগুনী
আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী।	বায়ু অপেক্ষা প্রায় 2½ গুণ ভারী।	3·19 (তরল)।	4·94 (কঠিন)
জলে দ্রাব্যতা	জলকে বিশ্লিষ্ট করে।	মোটামুটি দ্রাব্য।	ক্লোরিন অপেক্ষা কম দ্রাব্য।	অতি সামান্য দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম

হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া—ফ্লোরিন অন্ধকারেও হাইড্রোজেনের সহিত বিস্ফোরণ সহ যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন সূর্যালোকে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে; ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় এবং আয়োডিন ও হাইড্রোজেন প্রভাবকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে আংশিকভাবে হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়। সুতরাং বিক্রিয়ার তীব্রতা ফ্লোরিনের ক্ষেত্রে

সর্বাপেক্ষা বেশী, এবং ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার তীব্রতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে।

জলের সহিত বিক্রিয়া—ফ্লোরিন জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড এবং অক্সিজেন ও ওজোন (ozone) উৎপন্ন করে। সূর্যালোকে ক্লোরিন-জল বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ব্রোমিন-জলকে সূর্যালোক অপেক্ষাকৃত ধীরে ধীরে বিশ্লিষ্ট করে এবং অক্সিজেন ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। জলের সহিত আয়োডিনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

ধাতুর সহিত বিক্রিয়া—সকল ধাতুই ফ্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুগুলি ফ্লোরিনের মধ্যে জ্বলিয়া উঠে। ক্লোরিন সকল ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন করে এবং অধিকাংশ ধাতু ক্লোরিনের মধ্যে জ্বলে। অধিকাংশ ধাতু ব্রোমিন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় কিন্তু কয়েকটি ধাতু মাত্র ব্রোমিন-বাষ্পের মধ্যে জ্বলে। অনেক ধাতুর সহিত আয়োডিন সরাসরি যুক্ত হইয়া আয়োডাইড গঠন করে।

অধাতুর সহিত বিক্রিয়া—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর সহিত ফ্লোরিন সরাসরি যুক্ত হয়। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর সহিত ক্লোরিনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন, সিলিকন ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর সহিত ব্রোমিন সরাসরি যুক্ত হয়। আয়োডিন কেবলমাত্র ফস্‌ফরাস, আর্সেনিক, হাইড্রোজেন ও অপর হ্যালোজেন-সভ্যদের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

রাসায়নিক সক্রিয়তা—হাইড্রোজেন, জল, ধাতু ও অধাতুর সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির বিক্রিয়ায় দেখা যায় যে ইহাদের মধ্যে ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা সক্রিয়। ক্লোরিনের সক্রিয়তা ফ্লোরিন অপেক্ষা কম, ব্রোমিনের সক্রিয়তা ক্লোরিন অপেক্ষা আরও কম এবং আয়োডিন সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয়। প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হইতেও ইহা প্রমাণিত হয়। ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে ফ্লোরিন যথাক্রমে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করিতে পারে কিন্তু ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিন ফ্লোরাইড হইতে ফ্লোরিন মুক্ত করিতে পারে না। ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে ক্লোরিন যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করিতে পারে। কিন্তু ব্রোমিন বা আয়োডিন ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিন মুক্ত করিতে পারে না। ব্রোমিন আয়োডাইড

হইতে আয়োডিন মুক্ত করে কিন্তু আয়োডিন ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত করিতে পারে না।

এইরূপে দেখা যায় যে পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির সক্রিয়তা ক্রমশঃ কমিয়া যায়।

জারণ ধর্ম—ফ্লোরিন তীব্র জারক দ্রব্য, ক্লোরিনের জারণ ক্ষমতা ফ্লোরিন অপেক্ষা কম, ব্রোমিনের জারণ ক্ষমতা ক্লোরিন অপেক্ষা কম এবং আয়োডিনের খুবই কম।

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া—

ক্ষার দ্রবণ	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
শীতল ও লঘু	ফ্লোরাইড ও ফ্লোরিনমনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।	ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।	ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট উৎপন্ন হয়।	আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট উৎপন্ন হয়।
উষ্ণ ও গাঢ়	ফ্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।	ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।	ব্রোমাইড ও ব্রোমেট উৎপন্ন হয়।	আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন হয়।

বিরঞ্জন ধর্ম—ফ্লোরিন জৈব পদার্থ নষ্ট করে। ক্লোরিন জৈব পদার্থের রঙ সহজেই বিরঞ্জিত করে। ব্রোমিনের বিরঞ্জন-ক্রিয়া ক্লোরিনের অপেক্ষা ধীরে ধীরে সম্পাদিত হয়। আয়োডিনের বিরঞ্জন-ক্রিয়া নাই।

এই প্রসঙ্গে যে সব বিক্রিয়ার উল্লেখ করা হইয়াছে তাহাদের শর্ত এবং সমীকরণ পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে।

অনুশীলনী 10

1. ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। সমীকরণ লিখ। ব্রোমিনের চারিটি ধর্মের উল্লেখ কর এবং ক্লোরিন ও আয়োডিনের ঐ জাতীয় ধর্মের সহিত তুলনা কর।

1. Describe the method of preparing bromine in the laboratory. Give equation. State four of its properties and compare them with the corresponding properties of chlorine and iodine.

[*H. S Exam.*, 1961 (*Comp.*), 1970]

2. ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন তৈয়ারী করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার চারিটি ধর্মের উল্লেখ কর। সমীকরণ লিখ।

2. Describe one method of preparing bromine in the laboratory. State four of its properties. Give equations.

[*H. S. Exam.*, *1967* (*Comp.*)]

3. পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে কিরূপে ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন প্রস্তুত করিবে? ব্রোমিনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সহিত ক্লোরিন ও আয়োডিনের ঐ ধর্মগুলির তুলনা কর।

3. Starting from potassium bromide, how could bromine be prepared in the laboratory? Compare the physical and chemical properties of bromine with those of chlorine and iodine.

[*H. S. Exam.*, *1966* (*Comp.*)]

4. পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

4 Describe the method of preparation of iodine from potassium iodide. [*H. S. Exam.*, *1960* (*Comp.*)]

5. পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত কিছু আয়োডিন মিশিয়া গিয়াছে। কিরূপে উহা পৃথক করিবে? আয়োডিন দেখিতে অনেকটা গ্রাফাইটের ন্যায়। কিরূপে পার্থক্য করিবে?

5. Some iodine got mixed up with potassium iodide. How would you separate iodine? Iodine resembles graphite in appearance. How would you distinguish between them?

6. (a) ব্রোমিন এবং (b) আয়োডিন কিরূপে শিল্পের জন্য প্রস্তুত করা হয়? রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লিখ।

6. How are (a) bromine and (b) iodine prepared on a large scale? State the chemical reactions involved.

7. পটাসিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া সমীকরণ সহ বিবৃত কর।

7. Describe, with equations, the action of conc. sulphuric acid on potassium chloride, potassium bromide and potassium iodide. (*Calcutta*, *I. Sc.*)

8. ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতির বিক্রিয়াগুলি লিখ।

(i) ক্লোরাইড, (ii) ব্রোমাইড, ও (iii) আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের সহিত সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের ক্রিয়া কি ?

8. Describe the reactions by which hydrogen bromide and hydrogen iodide are prepared in the laboratory.

What is the action of silver nitrate solution on aqueous solution of a (i) chloride, (ii) bromide, and (iii) iodide ?

9. কিরূপে প্রমাণ করিবে যে ব্রোমিন অপেক্ষা ক্লোরিন অধিক সক্রিয় এবং আয়োডিন অপেক্ষা ব্রোমিন অধিক সক্রিয় ?

9. How would you show that chlorine is more active than bromine, and bromine is more active than iodine ?

10. ল্যাবরেটরীতে কিরূপে ফ্লোরিন প্রস্তুত করা হয় ? যন্ত্রপাতির চিত্র আঁক। ফ্লোরিনের তিনটি ধর্মের উল্লেখ কর এবং ক্লোরিনের ধর্মের সহিত উহাদের তুলনা কর।

10. How is fluorine prepared in the laboratory ? Give a neat sketch of the apparatus. State three important properties of the element and compare them with those of chlorine.

[*H. S. Exam., 1965*]

11. হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির প্রণালী বর্ণনা কর।

সিলিকার উপর হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া কি ? কাঁচ খোদাই করিবার জন্য এই অ্যাসিডের ব্যবহারের পদ্ধতি এবং উহাতে যে রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে তাহা বর্ণনা কর।

11. Describe briefly the method of preparation of an aqueous solution of hydrofluoric acid. [*H. S. Exam., 1960 (Comp.)*]

What is the action of hydrofluoric acid on silica ? Describe the method and chemistry involved in the use of the acid for etching glass.

12. হ্যালোজেন্‌স কাহাকে বলে ? ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে একই গোষ্ঠীর মৌল বলিয়া মনে করিবার কারণ কি ?

12. What are halogens ? What reasons are there for considering that fluorine, chlorine, bromine and iodine are members of the same family ?

অধ্যায় 11

সালফার ও সালফারের যৌগ

(Sulphur and its compounds)

সালফার (Sulphur)

সালফার বা গন্ধক বহু প্রাচীন কাল হইতেই আমাদের দেশে পরিচিত। ঔষধ প্রস্তুতিতে পারদ-গন্ধক ঘটিত রক্তবর্ণ হিঙ্গুলের ব্যবহার প্রাচীন পুঁথিতে দেখা যায়। 1777 খৃস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র মৌলিক পদার্থরূপে ইহার প্রথম পরিচয় দেন।

মৌলাবস্থায় ও যুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে সালফার ব্যাপকভাবে রহিয়াছে। বিশেষতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে : যথা, সিসিলি, ইটালী ও জাপানে যথেষ্ট পরিমাণ মৌলিক সালফার আছে। কিন্তু সালফারের সর্বাপেক্ষা বড় খনি আমেরিকার লুসিয়ানা ও টেক্সাস অঞ্চলে। পৃথিবীর মোট প্রয়োজনের শতকরা 80 ভাগ সালফার আসে আমেরিকা হইতে। ইহা ব্যতীত বিভিন্ন সালফাইড ও সালফেট খনিজ পদার্থে সালফার যুক্ত ভাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। যথা,

আয়রন পাইরাইটিস, FeS_2 — কপার পাইরাইটিস, Cu_2S, Fe_2S_3

জিঙ্ক ব্লেণ্ড, ZnS — গ্যালেনা, PbS

সিনাবার, HgS — জিপ্‌সাম, $CaSO_4, 2H_2O$

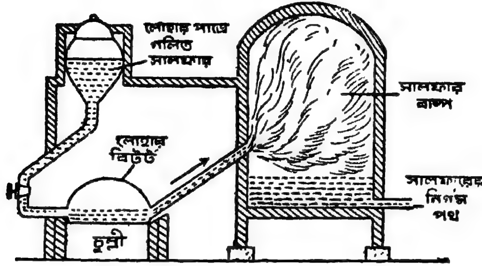
কাইসেরাইট $MgSO_4, H_2O$ — অ্যানহাইড্রাইট, $CaSO_4$

হেভি স্পার, $BaSO_4$

সালফার নিষ্কাশন ঃ

সিসিলির পদ্ধতি (Sicilian process)—সিসিলিতে যে খনিজ সালফার পাওয়া যায় তাহাতে সালফারের পরিমাণ শতকরা 20-25 ভাগ। ইহার সহিত মাটি, বালি, চুনাপাথর, জিপ্‌সাম ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। এই সালফারযুক্ত প্রস্তর-গুলি ইষ্টকনির্মিত চুল্লীর ঢালু মেঝেতে রাখিয়া উপর হইতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। সালফারের কিয়দংশ পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইয়া বাহির হইয়া যায়। এই বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক। উদ্ভূত তাপের সাহায্যে সালফারের বাকি অংশ গলিয়া যায় এবং গলিত সালফার ঢালু মেঝে বাহিয়া একটি চৌবাচ্চায় সংগৃহীত হয়। ইহাতে শতকরা 6-8 ভাগ মাটি ও অন্যান্য অপদ্রব্য থাকে। পাতন-ক্রিয়ার সাহায্যে এই সালফার বিশুদ্ধ করা হয়।

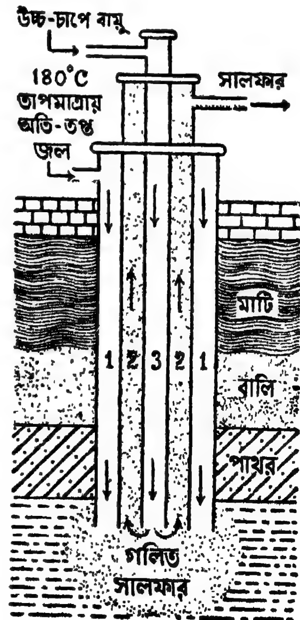
সালফার বিশোধন—অবিশুদ্ধ সালফার একটি লোহার পাত্রে গলান হয় এবং তরল সালফার পাইপের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া একটি লোহার রিটর্টে আসে। রিটর্টকে চুল্লীতে তীব্র উত্তপ্ত করা হয় এবং তরল সালফার বাষ্পীভূত হইতে থাকে। সালফার-বাষ্প একটি প্রশস্ত কক্ষে প্রবেশ করিয়া ঠাণ্ডা দেওয়ালের গায়ে হলুদ গুঁড়ারূপে



চিত্র 80—সালফার বিশোধন

জমা হয়। ইহাকে গন্ধকরজ (flowers of sulphur) বলে। গন্ধকরজ জমা হইবার ফলে কক্ষটি ক্রমশঃ উত্তপ্ত হইতে থাকে এবং উপযুক্ত উত্তপ্ত হইলে সালফার গলিয়া নীচে জমা হয়। গলিত সালফার নির্গম-পথ দিয়া বাহির করিয়া বেলনের আকৃতির কঠিন সালফারে বা রোল সালফারে (Roll sulphur) পরিণত করা হয়।

ফ্রাস্ পদ্ধতি—(Frasch Process): **আমেরিকার পদ্ধতি**—আমেরিকার সালফার ভূপৃষ্ঠের প্রায় আট শত ফিট নীচে মাটি, বালি ও চুনাপাথরের স্তরের নীচে মুক্ত অবস্থায় থাকে। ফ্রাস্ পদ্ধতিতে এই সালফার মাটির নীচ হইতে তোলা হয়। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় (concentric) নল মাটি, বালি ও চুনাপাথরের স্তর ভেদ করিয়া সালফারের স্তর পর্যন্ত বসানো হয়। সর্ববহিঃস্থ নল (চিত্রে 1 নং নল) দিয়া 180° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় অতি-তপ্ত জল উচ্চ-চাপে সালফারের স্তর পর্যন্ত

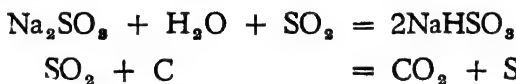


চিত্র 81—ফ্রাস্ পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন

পাঠান হয়। অতি-তপ্ত জলের সংস্পর্শে কঠিন সালফারের স্তর গলিয়া যায়। অতঃপর একেবারের মধ্যের নল (চিত্রে 3নং নল) দিয়া উচ্চ-চাপে (প্রায় 35 গুণ বায়ু-চাপে) উত্তপ্ত বায়ু পাম্পের সাহায্যে গলিত সালফারের মধ্যে পরিচালিত করা হয়। গলিত সালফারের মধ্যে প্রবলবেগে বায়ু চালিত হইবার ফলে গলিত সালফারের ফেনা বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইয়া মধ্যবর্তী নল (চিত্রে 2নং নল) দিয়া মাটির উপর চলিয়া আসে। গলিত সালফারকে কাঠের ছাঁচে ঢালিয়া শীতল করিয়া কঠিনে পরিণত করা হয়। ইহাকে আর শোধন করিবার প্রয়োজন হয় না, কারণ এই সালফার প্রায় শতকরা 99·5—99·8 ভাগ বিশুদ্ধ।

অন্যান্য উৎস হইতে

(1) **সালফাইড খনিজ হইতে**—ধাতু নিষ্কাশনের জন্য সালফাইড খনিজগুলির (কপার পাইরাইটিস, জিঙ্ক ব্লেণ্ড, গ্যালেনা ইত্যাদি) তাপ-জারণের (roasting) সময় প্রচুর সালফাব ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। শীতল সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করা হয়। সোডিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। শ্বেততপ্ত (1100°C) কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।



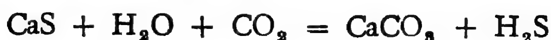
$$Na_2SO_3 + H_2O + SO_2 = 2NaHSO_3$$
$$SO_2 + C = CO_2 + S$$

(2) **জিপ্‌সাম হইতে**—জিপ্‌সামের সহিত বালি, কাদা, ও কোক মিশ্রিত করিয়া তীব্র উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। পূর্বের ন্যায় 1100°C তাপমাত্রায় কোক দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারিত করা হয়।

(3) **লেব্লাঁ-পদ্ধতির উপজাত ক্যালসিয়াম সালফাইড হইতে**—এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির সময় ক্যালসিয়াম সালফাইড উপজাতরূপে পাওয়া যায় এবং এই ক্যালসিয়াম সালফাইড হইতে সালফার উদ্ধার করা হয়। অবশ্য লেব্লাঁ পদ্ধতি বিশেষ প্রচলিত না থাকায় বর্তমানে এইরূপে সালফার সংগ্রহ করা হয় না। পদ্ধতিটির রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য কর।

ক্যালসিয়াম সালফাইড জলে প্রলম্বিত রাখিয়া উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড

ও বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত আয়রন অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।



$$CaS + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + H_2S$$



$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

(4) **নিঃশেষিত আয়রন-অক্সাইড হইতে**—কোল-গ্যাস প্রস্তুতিতে নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড (spent oxide of iron) উপজাতরূপে পাওয়া যায়। কোল-গ্যাস হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড অপসারণের জন্য সোদক ফেরিক অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোদক আয়রন অক্সাইড আয়রন সালফাইডে পরিণত হয় এবং তখন উহা আর হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করিতে পারে না। ইহাকে নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড বলা হয়। নিঃশেষিত আয়রন-অক্সাইড (অর্থাৎ আয়রন-সালফাইড) বায়ুতে খোলা অবস্থায় ছড়াইয়া রাখা হয় এবং মাঝে মাঝে নাড়িয়া দেওয়া হয়। আয়রন সালফাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা আয়রন-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার পৃথক হয়। এই আয়রন-অক্সাইড পুনরায় ব্যবহার করা হয়। নিঃশেষিত আয়রন-অক্সাইডের অধিকাংশই অবশ্য সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।



$$2Fe_2S_3 + 3O_2 = 2Fe_2O_3 + 6S$$



$$4FeS + 3O_2 = 2Fe_2O_3 + 4S$$

বিশুদ্ধ সালফার—রোল সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিয়া ফিল্টার করা হয়। ইহাতে অদ্রাব্য অবিশুদ্ধি পৃথক হয়। পরিস্রুত বাষ্পীভূত করিলে বিশুদ্ধ সালফার অবশিষ্ট থাকে।

সালফারের বহুরূপতা (Allotropy of sulphur)—ফস্‌ফরাস ও কার্বনের ন্যায় সালফারেরও বহুরূপতা আছে। সালফারের রূপভেদগুলিকে প্রধানত দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যথা, স্ফটিকাকার (crystalline) ও অনিয়তাকার (amorphous)।

স্ফটিকাকার রূপভেদ

(1) **রম্বিক বা অষ্টপলা সালফার বা α-সালফার** (Rhombic or Octahedral or α-Sulphur)

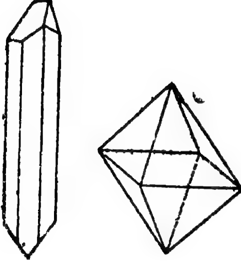
(2) **মনোক্লিনিক বা প্রিজ্‌মেটিক বা β-সালফার** (Monoclinic or Prismatic or β- Sulphur)

অনিয়তাকার রূপভেদ—

(1) **নমনীয় বা প্লাস্টিক সালফার** (Plastic sulphur)

(2) **দুগ্ধশ্বেত সালফার** (Milk of sulphur)

(3) **কলয়ডীয় সালফার** (Colloidal sulphur)



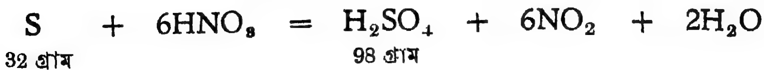
চিত্র 82—সালফারের স্ফটিকাকার রূপভেদ

সাধারণ অবস্থায় যে ঈষৎ হলুদ বর্ণের সালফার দেখিতে পাওয়া যায় তাহা রম্বিক সালফার। ইহার স্ফটিকে আটটি পৃষ্ঠ-তল আছে। সাধারণ তাপমাত্রায় রম্বিক সালফার খুব স্থায়ী এবং অন্যান্য রূপভেদগুলি অনেক সময় রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে ইহাতে পরিণত হয়। মনোক্লিনিক বা প্রিজ্‌মেটিক সালফারের স্ফটিক হলুদ বর্ণের এবং সূচের মত দীর্ঘ আকৃতিবিশিষ্ট। প্লাষ্টিক সালফার রবারের মত নমনীয়, দুগ্ধশ্বেত সালফার দুধের মত সাদা।

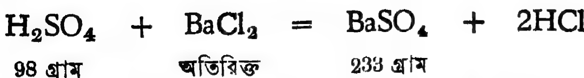
সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই মৌলিক পদার্থ তাহা নিম্নরূপে বুঝিতে পারা যায়।

(1) অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের মধ্যে সালফারের যে কোন রূপভেদকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা সালফার ডাই-অক্সাইড। সমান ওজনের বিভিন্ন রূপভেদ হইলে উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের ওজন প্রতিক্ষেত্রেই সমান।

(2) সমান ওজনের এক একটি রূপভেদকে ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। দ্রবণ শীতল করিয়া অতিরিক্ত বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশান হয়। বেরিয়াম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। অধঃক্ষেপ পাতিত জলে ধুইয়া, সম্পূর্ণ শুষ্ক করিয়া ওজন করা হয়। দেখা যায়, সমান ওজনের সালফার হইতে সমান ওজনের বেরিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।



$$\underset{32\text{ গ্রাম}}{S} + 6HNO_3 = \underset{98\text{ গ্রাম}}{H_2SO_4} + 6NO_2 + 2H_2O$$



$$\underset{98\text{ গ্রাম}}{H_2SO_4} + \underset{\text{অতিরিক্ত}}{BaCl_2} = \underset{233\text{ গ্রাম}}{BaSO_4} + 2HCl$$

উপরের সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে প্রত্যেক রূপভেদের 32 গ্রাম করিয়া লইলে

233 গ্রাম বেরিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। অর্থাৎ, 1 গ্রাম হইতে $\frac{233}{32}$ বা 7·281 গ্রাম বেরিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

সালফারের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (i) সালফার হাল্কা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহা একটি অধাতু।

(ii) ইহা ভঙ্গুর এবং তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী।

(iii) রম্বিক সালফারের গলনাঙ্ক 112·8°C। 444·6°C তাপমাত্রায় গলিত সালফার ফোটে এবং গাঢ় লাল বাষ্প নির্গত হয়।

(iv) সালফার জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। প্লাষ্টিক সালফার কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য।

(v) সালফারের বহুরূপতা ধর্ম আছে, ইহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে।

রাসায়নিক ধর্ম

(i) **প্রত্যক্ষ সংযোগ**—অনেক মৌলিক পদার্থের সহিত সালফার সরাসরি যুক্ত হয়।

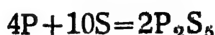
অধাতুর সহিত—বায়ুতে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে সালফার গলিয়া যায় এবং পরে নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $S+O_2=SO_2$

উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর সালফালের বাষ্প ও হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $H_2+2S=H_2S$

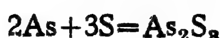
ফুটন্ত সালফারে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কমলা রঙের তরল সালফার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2S+Cl_2=S_2Cl_2$

লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর সালফারের বাষ্প প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-সালফাইড তরল পদার্থ। $C+2S=CS_2$

ফস্ফরাস ও আর্সেনিকের সহিত যথাক্রমে ফস্ফরাস পেন্টা-সালফাইড ও আর্সেনিক ট্রাই-সালফাইড গঠিত হয়।



$$4P+10S=2P_2S_5$$



$$2As+3S=As_2S_3$$

ধাতুর সহিত—সালফার উত্তপ্ত কপার, আয়রন, জিঙ্ক, সোডিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সহিত সালফাইড (sulphide) নামক যৌগ গঠন করে। সালফার-বাষ্পের মধ্যে পাতলা তামার পাত রাখিলে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠে ; সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু সালফার-বাষ্পে অধিকতর সক্রিয়তায় সালফাইড গঠন করে।



$$Cu+S=CuS\ ;\ 2Na+S=Na_2S$$



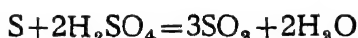
$$Fe+S=FeS\ ;\ Zn+S=ZnS$$

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া—গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সালফার ক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়। 125-126 পৃষ্ঠা দেখ।



$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$$

উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে জারিত করে। সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$

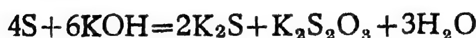
(iii) **ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া**—সালফারচূর্ণ গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফাইড ও সোডিয়াম থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়।



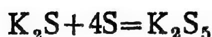
$$4S+6NaOH=2Na_2S+Na_2S_2O_3+3H_2O$$

উৎপন্ন সালফাইড আরও সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া পেন্টাসালফাইড উৎপন্ন করে। $Na_2S+4S=Na_2S_5$

কস্টিক পটাসের সহিত বিক্রিয়া একইরূপ—



$$4S+6KOH=2K_2S+K_2S_2O_3+3H_2O$$



$$K_2S+4S=K_2S_5$$

ব্যবহার

(i) প্রচুর পরিমাণ সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

(ii) সালফার হইতে বিভিন্ন সালফারের যৌগ তৈয়ারী করা হয়। যথা, কার্বন ডাই-সালফাইড (জৈব-দ্রাবক), ফস্ফরাস পেণ্টা-সালফাইড (দেশলাই-শিল্প ব্যবহৃত

হয়), সোডিয়াম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়), ক্যালসিয়াম সালফাইট (কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়), সালফার ক্লোরাইড।

(iii) বারুদ তৈয়ারীতে ও কৃত্রিম রবার প্রস্তুত করিতে ইহা প্রয়োজন।

(iv) সালফার-ঘটিত ঔষধ ও মলম প্রস্তুতিতে বিশুদ্ধ মৌলিক সালফার ব্যবহৃত হয়।

(v) কীটনাশকরূপে সালফারের ব্যবহার আছে।

সালফারের যৌগ

সালফারের যে সমস্ত যৌগ সম্পর্কে এখানে আলোচনা করা হইয়াছে তাহাদের নাম ও সংকেত নিম্নে দেওয়া হইল।

হাইড্রাইড

হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, H_2S

অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড

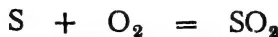
দুইটি অক্সাইড	দুইটি অক্সি-অ্যাসিড
সালফার ডাই-অক্সাইড, SO_2	সালফিউরাস অ্যাসিড, H_2SO_3
সালফার ট্রাই-অক্সাইড, SO_3	সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4

সালফার ডাই-অক্সাইড (Sulphur dioxide)

1774 খৃস্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পারদ (মারকারি) উত্তপ্ত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈয়ারী করেন। আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে এবং কয়েক স্থানে খনিজ জলের সহিত উক্ত গ্যাসটি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

(1) **সালফার ও সালফাইড-খনিজের জারণ দ্বারা**—বায়ুতে সালফার পোড়াইলে নীল শিখায় জ্বলে। বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা সালফার জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়।



$$S + O_2 = SO_2$$

আয়রন পাইরাইটিস, কপার পাইরাইটিস, জিঙ্ক ব্লেণ্ড, গ্যালেনা ইত্যাদি সালফাইড-খনিজ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।



$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

আয়রন পাইরাইটিস — ফেরিক অক্সাইড — সালফার ডাই-অক্সাইড



$$4CuFeS_2 + 13O_2 = 4CuO + 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

কপার পাইরাইটিস — কিউপ্রিক অক্সাইড — ফেরিক অক্সাইড — সালফার ডাই-অক্সাইড



$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

জিঙ্ক ব্লেণ্ড — জিঙ্ক অক্সাইড — সালফার ডাই-অক্সাইড

শিল্প-প্রস্তুতি

বায়ুতে সালফার কিংবা আয়রন পাইরাইটিস পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি করা হয়। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস শীতল জলে দ্রবীভূত করা হয়। ইহাতে মিশ্রিত অন্যান্য অদ্রাব্য পদার্থ পৃথক হইয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং চাপ-প্রয়োগে তরলে পরিণত করিয়া ইস্পাতের চোঙে ভর্তি করা হয়।

• (2) **সালফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণ দ্বারা**—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে কপার, মারকারি, সিলভার ইত্যাদি ধাতু কিংবা কার্বন, সালফার ইত্যাদি অধাতুর সহিত উত্তপ্ত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$



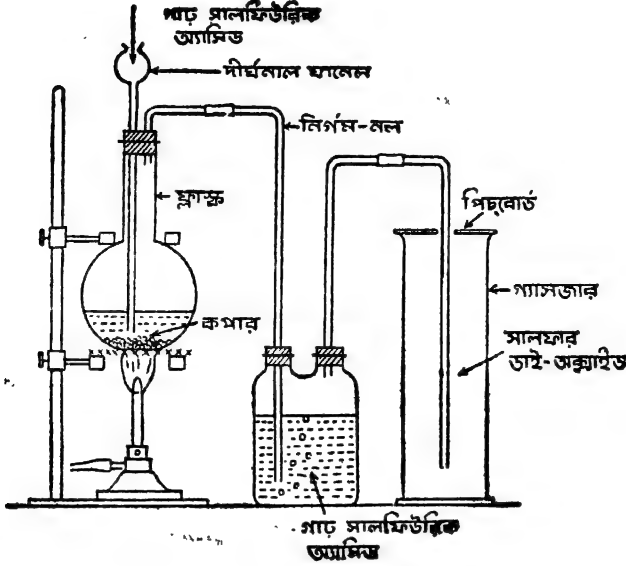
$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা 11. 1. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—তামার (কপারের) ছিলা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু তামার (কপারের) ছিলা লও। দীর্ঘনাল ফানেল হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কে ঢাল, যাহাতে



চিত্র 83—ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

নলের শেষ প্রান্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে ডুবানো থাকে। তার-জালির উপর ফ্লাস্কটি রাখিয়া বুনসেন বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নলের মধ্য দিয়া বাহির হয়। গ্যাসটি অতঃপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া শুষ্ক কর এবং বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

দ্রষ্টব্য—গ্যাস প্রস্তুতির পর ফ্লাস্কে যে তরল অবশিষ্ট থাকে তাহা প্রধানত কপার সালফেটের দ্রবণ। ইহাতে জল মিশাইয়া লঘু করিয়া ফুটান হয়। অতঃপর ইহা ফিলটার করিয়া পরিস্রুত বাষ্পায়িত করিলে কপার সালফেটের নীল কেলাস পাওয়া যায়। পুনঃকেলাসনের সাহায্যে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়।

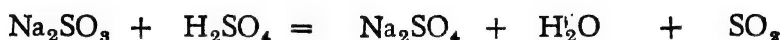
(3) **সালফাইট লবণ হইতে**—সালফিউরাস অ্যাসিড H_2SO_3, দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহার নর্মাল লবণকে সালফাইট (sulphite) এবং অ্যাসিড-

লবণকে বাই-সালফাইট (bi-sulphite) বলে। সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণের উপর লঘু সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।



$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$$

ক্যালসিয়াম সালফাইট	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	জল	সালফার ডাই-অক্সাইড



$$Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2$$

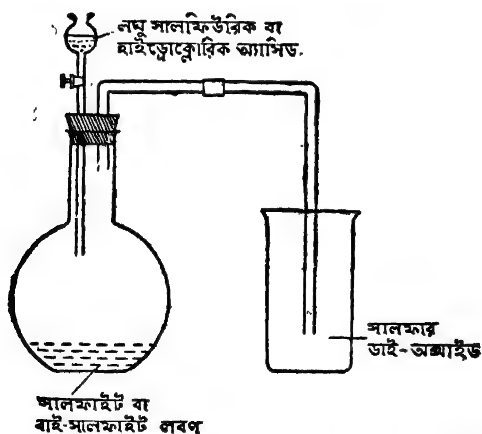
সোডিয়াম সালফাইট	সালফিউরিক অ্যাসিড	সোডিয়াম সালফেট	জল	সালফার ডাই-অক্সাইড



$$NaHSO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O + SO_2$$

সোডিয়াম বাই-সালফাইট	সালফিউরিক অ্যাসিড	সোডিয়াম বাই-সালফেট	জল	সালফার ডাই-অক্সাইড

পরীক্ষা 11.2. বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি চ্যাপ্টাতল ফ্লাস্কে সোডিয়াম সালফাইট বা বাই-সালফাইট লবণ লও। বিন্দুপাতী ফানেল



চিত্র 84—সালফাইট বা বাই-সালফাইট হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

হইতে ধীরে ধীরে সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাও। সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ কর।

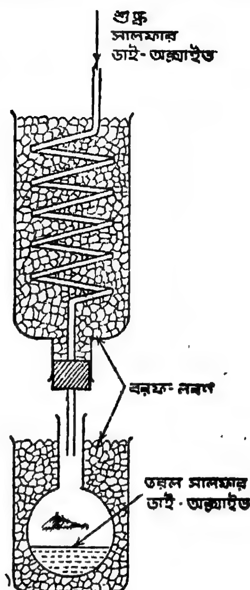
সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম—(i) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন, শ্বাসরোধী ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(iii) সাধারণ চাপে ও তাপমাত্রায় বরফ-লবণ মিশ্রণে শীতল করিয়া কিংবা সাধারণ তাপমাত্রায় 2·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়।

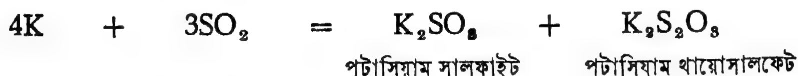
(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। 15° সেন্টিগ্রেডে 1 আয়তন জলে 45 আয়তন গ্যাস দ্রবীভূত হয়।



চিত্র 85—তরল সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

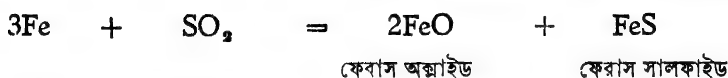
রাসায়নিক ধর্ম

(i) সালফার ডাই-অক্সাইড সাধারণত নিজে দাহ্য নহে এবং অন্য পদার্থের দহনে সাহায্য করে না। কিন্তু জ্বলন্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লৌহচুর, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতু এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে।



$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$

পটাসিয়াম সালফাইট পটাসিয়াম থায়োসালফেট



$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

ফেরাস অক্সাইড ফেরাস সালফাইড



$$3Mg + SO_2 = 2MgO + MgS$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড

1100° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড সালফারে বিজারিত হয়। কার্বন জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $C + SO_2 = CO_2 + S$

এই বিক্রিয়াগুলিতে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্যরূপে ব্যবহার করে।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড জলে খুব দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সালফিউরাস অ্যাসিড খুব অস্থায়ী, উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া যায়।



$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

পরীক্ষা 11.3.—একটি সালফার ডাই-অক্সাইডের গ্যাস-জারে নীল লিটমাস দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকাও। নীল লিটমাস দ্রবণ লাল হয়। গ্যাসজারটি জলের মধ্যে উপুড় করিয়া ঢাকনি সরাও। গ্যাস-জার জলে ভর্তি হয়।

লাল দ্রবণের সামান্য অংশ টেস্ট-টিউবে লইয়া ফুটাও। দ্রবণের বর্ণ নীল হয়। দ্রবীভূত সালফার ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায়।

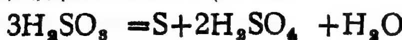
ফোয়ারা পরীক্ষার (9.2 নং পরীক্ষা) সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতা এবং ইহার জলীয় দ্রবণের অ্যাসিডধর্ম (নীল লিটমাস লাল করা) দেখাইতে পার।

সালফিউরাস অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, ইহা জলের দ্রবণে থাকে। গরম করিলে দ্রবণ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। শীতল অবস্থায় রাখিয়া দিলে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ধীরে ধীরে সালফিউরিক আসিডে জারিত হয়। $2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$

সালফিউরাস অ্যাসিডের অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু আছে। সুতরাং ইহা দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড এবং ইহা দুই রকমের লবণ, শমিত বা নর্ম্যাল লবণ ও অ্যাসিড-লবণ উৎপন্ন করে।

সালফিউরাস অ্যাসিড	নর্ম্যাল লবণ	অ্যাসিড লবণ
H_2SO_3	Na_2SO_3 সোডিয়াম সালফাইট	$NaHSO_3$ সোডিয়াম বাই-সালফাইট
	$CaSO_3$ ক্যালসিয়াম সালফাইট	$Ca(HSO_3)_2$ ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট

পরীক্ষা 11.4. একটি আবদ্ধ নলে সালফিউরাস অ্যাসিড অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর। হাল্কা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার শেষে কঠিন পদার্থটি ফিল্টার করিয়া দ্রবণ হইতে পৃথক করিয়া শুষ্ক কর। শুষ্ক কঠিন পদার্থটি বায়ুতে পোড়াইলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। কারণ, গ্যাসটির গন্ধ পোড়া সালফারের ন্যায় এবং ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন করে।



$$3H_2SO_3 = S + 2H_2SO_4 + H_2O$$

এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।

(iii) **অ্যাসিডীয় অক্সাইড**—সালফার ডাই-অক্সাইড একটি অ্যাসিডীয় অক্সাইড। ক্ষারের সহিত ইহা বাই-সালফাইট ও সালফাইট লবণ উৎপন্ন করে।


$CaO + SO_2 = CaSO_3$ (ক্যালসিয়াম সালফাইট)

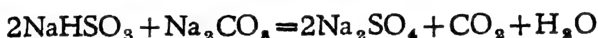

$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$ (সোডিয়াম বাই-সালফাইট)


$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3$ (সোডিয়াম সালফাইট) $+ H_2O$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে উহাদের বাই-সালফাইট উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।


$$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 = 2NaHSO_3 + CO_2$$

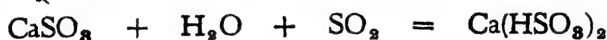
কার্বনেট অতিরিক্ত থাকিলে সালফাইট উৎপন্ন হয়।


$$2NaHSO_3 + Na_2CO_3 = 2Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

চুনজলের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে প্রথমে অদ্রাব্য সাদা ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্ন হয়। এজন্য চুনজল ঘোলাটে হয়। অতিরিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট উৎপন্ন হয়। চুন-জল আবার স্বচ্ছ হয়।


$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$$

চুনজল অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট


$$CaSO_3 + H_2O + SO_2 = Ca(HSO_3)_2$$

দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট

ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া পুনরায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্ন হয়। সুতরাং স্বচ্ছ দ্রবণ আবার ঘোলাটে হয়।

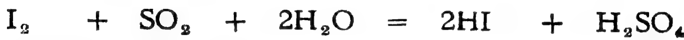

$$Ca(HSO_3)_2 = CaSO_3 + H_2O + SO_2$$

চুনজল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ার সহিত এই বিক্রিয়াটি তুলনা করিয়া দেখ।

(iv) **বিজারণ ধর্ম**—সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।

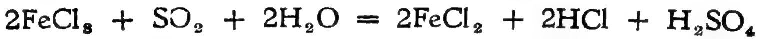
সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে যথাক্রমে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডে বিজারিত করে। সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের সহিত পরাতড়িৎবাহী হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়াছে বলিয়া উহারা বিজারিত হইয়াছে।


$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$

$$Br_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$$

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

পরীক্ষা 11.5. একটি টেস্ট-টিউবে ব্রোমিন-জলে কিংবা জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত কর। বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

ইহা ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে। এই পরিবর্তনে ফেরিক ক্লোরাইডের অপরা-তড়িৎবাহী অংশ অর্থাৎ ক্লোরাইডের অনুপাত হ্রাস পায়। আরও বলিতে পার, আয়রনের পরা-যোজ্যতা +3 হইতে হ্রাস পাইয়া +2-এর পরিণত হইয়াছে।

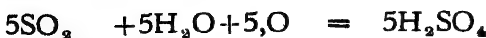
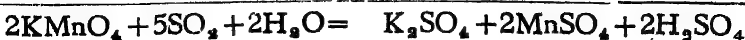

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

পরীক্ষা 11.6. একটি টেস্ট-টিউবে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত কর। ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। (জটিল লবণ সৃষ্টির জন্য প্রথমে দ্রবণ লাল হইতে পারে। সেক্ষেত্রে গরম করিলেই লাল বর্ণ চলিয়া যায়।)

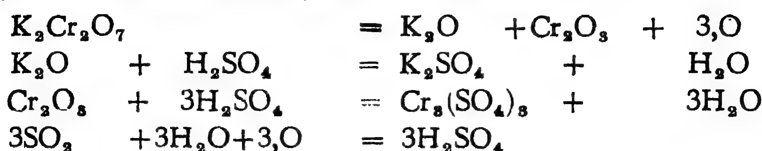
ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ বর্ণহীন করে। পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস লবণে পরিণত হয়।


$$2KMnO_4 = K_2O + 2MnO + 5,O$$

$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$

$$2MnO + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O$$

$$5SO_2 + 5H_2O + 5,O = 5H_2SO_4$$

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

ইহা অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে ক্রোমিক লবণে বিজারিত করে। হলুদ বর্ণের ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ বর্ণের দ্রবণে পরিণত হয়।



$$K_2Cr_2O_7 = K_2O + Cr_2O_3 + 3,O$$
$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$
$$Cr_2O_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$3SO_2 + 3H_2O + 3,O = 3H_2SO_4$$



$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

$K_2Cr_2O_7$-এর অণুতে দুই পরমাণু K-এর পরা-যোজ্যতা +2, 7 পরমাণু O-এর অপরা-যোজ্যতা $(-2)\times 7$ বা -14, সুতরাং 2 পরমাণু Cr-এর পরা-যোজ্যতা +12। কারণ, উপাদান পরমাণুর মোট পরা-যোজ্যতা ও অপরা-যোজ্যতা সমান। অতএব 1 পরমাণু Cr-এর পরা-যোজ্যতা +6। ক্রোমিক লবণে [এখানে $Cr_2(SO_4)_3$-এ] Cr-এর পরা-যোজ্যতা +3। সুতরাং এই পরিবর্তনে Cr-এর পরা-যোজ্যতার হ্রাস হইয়াছে (+6 হইতে +3) বলিয়া $K_2Cr_2O_7$ বিজারিত হইয়াছে।

পরীক্ষা 11.7. দুইটি টেস্ট-টিউবে পৃথকভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ লইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত কর। দ্রবণ দুইটির বর্ণ পরিবর্তন লক্ষ্য কর।

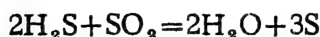
ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে বিজারিত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।



$$H_2O_2 + SO_2 + H_2O = H_2O + H_2SO_4$$

(v) **জারণ ধর্ম**—সালফার ডাই-অক্সাইডের কিছুটা জারণ ধর্ম আছে। পটাসিয়াম, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ইত্যাদির সহিত বিক্রিয়া পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে।

ইহা আর্দ্র হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে।



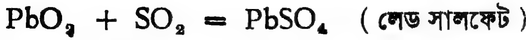
$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

(vi) সালফার ডাই-অক্সাইড সূর্যালোকে বা প্রভাবক (কর্পূর)-এর উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সহিত সালফিউরিল ক্লোরাইড নামক একটি তরল পদার্থ উৎপন্ন করে।

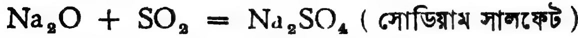


$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

উত্তপ্ত লেড ডাই-অক্সাইড ও সোডিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত ধাতব সালফেট উৎপন্ন করে।



$PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$ (লেড সালফেট)



$Na_2O + SO_2 = Na_2SO_4$ (সোডিয়াম সালফেট)

প্লাটিনাম-চূর্ণ প্রভাবকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে (450°C) ইহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে।



$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

(vii) **বিরঞ্জন ধর্ম**—সালফার ডাই-অক্সাইড জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে অনেক জৈব রঙিন পদার্থকে বর্ণহীন করে। এই বিরঞ্জন কার্য জলের অনুপস্থিতিতে হইতে পারে না। সম্ভবতঃ জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং এই সক্রিয় জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া রঙিন পদার্থ বর্ণহীন হয়।



$$H_2SO_3 + H_2O = H_2SO_4 + 2H$$



রঙিন পদার্থ + 2H = বর্ণহীন পদার্থ

পরীক্ষা 11.8. একটি সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি ভিজা রঙিন ফুল ফেলিয়া দাও। কিছুক্ষণ পরে দেখ, ফুলটি বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে। শুষ্ক গ্যাস ও শুষ্ক ফুল লইলে ফুলের রঙ অপরিবর্তিত থাকে।

পরীক্ষা 11.9. একটি টেস্ট-টিউবে ম্যাজেন্টা রঙের দ্রবণ লইয়া উহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত কর। দ্রবণটি বর্ণহীন হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা

(1) সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিন উভয়ই জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে রঙিন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় ইহাদের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই।

(2) জলের সংস্পর্শে ক্লোরিন জায়মান অক্সিজেন নির্গত করে এবং এই জায়মান অক্সিজেন জারণের সাহায্যে বিরঞ্জিত করে। সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সংস্পর্শে জায়মান হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং এই জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণের সাহায্যে বিরঞ্জিত করে। অর্থাৎ ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা এবং সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জিত করে।

(3) সালফার ডাই-অক্সাইড ক্লোরিন অপেক্ষা মৃদু বিরঞ্জক। সিল্ক, উল ইত্যাদি সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা স্বাভাবিকরূপেই বিরঞ্জিত হয়। ক্লোরিন তীব্র বিরঞ্জক বলিয়া ঐ পদার্থগুলি ক্লোরিনে নষ্ট হইয়া যায়।

(4) ক্লোরিন স্থায়িভাবে বিরঞ্জিত করে কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন সর্বদা স্থায়ী নাও হইতে পারে।

সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের পরীক্ষা (8.15. নং পরীক্ষা, পৃষ্ঠা 194) দেখ। সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের জন্য ঐরূপ পরীক্ষা করিতে হয়। কার্বনের পরিবর্তে সালফার লইতে হইবে এবং উৎপন্ন গ্যাস হইবে সালফার ডাই-অক্সাইড। সিদ্ধান্ত একইরূপ অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইডে উহার সমান আয়তনের অক্সিজেন আছে।

আণবিক সংকেত নির্ণয়

পরীক্ষা হইতে জানা যায়—

সালফার ডাই-অক্সাইডে সম-আয়তনের অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ 1 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

মনে কর, 1 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইডে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু সংখ্যা সমান।

সুতরাং, n অণু সালফার ডাই-অক্সাইডে n অণু অক্সিজেন আছে,

বা, 1 অণু সালফার ডাই-অক্সাইডে 1 অণু অক্সিজেন আছে। অক্সিজেন দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং 1 অণু সালফার ডাই- অক্সাইডে 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের সংকেত S_xO_2-রূপে লেখা যায়, যেখানে $x=$ সালফার ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে সালফার পরমাণুর সংখ্যা।

সালফার ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব ($H=1$) 32 ; সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব, (2×32) বা 64।

অতএব, $S_xO_2=64$ বা, $x\times 32+2\times 16=64$

বা, $32x=32$ বা, $x=1$

সুতরাং, সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত SO_2।

সালফার ডাই-অক্সাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) পোড়া সালফারের তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধের সাহায্যে এই গ্যাসটি চিনিতে পারা যায়।

(ii) ইহা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন করে।

(iii) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্‌টার কাগজ এই গ্যাসের মধ্যে ধরিলে সবুজ হয়।

ব্যবহার

(i) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ (সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট, সোডিয়াম মেটাবাই-সালফাইট ইত্যাদি) প্রস্তুতিতে ইহা সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়।

(ii) উল, সিল্ক, খড় ইত্যাদির বিরঞ্জনের জন্য ইহার ব্যবহার আছে। ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের অতিরিক্ত ক্লোরিন অপসারণের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) জীবাণুনাশকরূপে, মাংস ইত্যাদি সংরক্ষণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iv) তরল সালফার ডাই-অক্সাইড রেফ্রিজারেটরে হিমায়করূপে ব্যবহৃত হয়।

সালফাইট লবণ (Sulphites)

সালফাইট লবণের কথা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে (পৃষ্ঠা, 285)

প্রস্তুতি—(i) সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়া দেখ। সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ উৎপন্ন হয় (পৃষ্ঠা, 286)।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ লইয়া সমান দুই ভাগ কর। দ্রবণের এক ভাগে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিয়া সংপৃক্ত কর। দ্রবণে সোডিয়াম বাই-সালফাইট উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণের সহিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের দ্বিতীয় ভাগ মিশাইয়া মিশ্র দ্রবণ বাষ্পীভূত কর। সোডিয়াম সালফাইটের কেলাস ($Na_2SO_3 . 7H_2O$) উৎপন্ন হয়।

(ii) অদ্রাব্য সালফাইট বিপরিবর্ত-ক্রিয়ায় প্রস্তুত করা যায়।



$$CaCl_2 + Na_2SO_3 = CaSO_3 + 2NaCl$$

ধর্ম—(i) অধিকাংশ সালফাইট লবণ সাদা। সোডিয়াম, পটাসিয়ামের সালফাইট জলে দ্রাব্য, অন্যান্য ধাতব সালফাইট জলে অদ্রাব্য।

(ii) লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফাইট লবণ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড হয়।



$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$$



$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + SO_2$$

(*iii*) সালফাইট লবণ বিজারক দ্রব্য। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদিকে বিজারিত করে এবং নিজে সালফেট লবণে জারিত হয়।



$$Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr$$



$$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$$

বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে ইহা সালফেট লবণে জারিত হয়।



$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$$

(iv) সালফাইট লবণের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড মিশাইলে সাদা বেরিয়াম সালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয়। লঘু অ্যাসিডে এই অধঃক্ষেপ দ্রাব্য।



$$Na_2SO_3 + BaCl_2 = BaSO_3 + 2NaCl$$

সালফাইট লবণের পরিচায়ক পরীক্ষা

(*i*) সালফাইট লবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। লঘু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে একটি কাচ-দণ্ড ডুবাইয়া গ্যাসের মধ্যে ধরিলে কাচ-দণ্ডের গায়ের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়। অথবা, অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত এক টুকরা ফিল্‌টার কাগজ ধরিলে উহা সবুজ হইয়া যায়।

(*ii*) সালফাইট লবণের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে বেরিয়াম সালফাইটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়। ঐ দ্রবণে ব্রোমিন-জল বা আয়োডিন-দ্রবণ মিশাইয়া গরম করিলে সাদা অধঃক্ষেপ আসে। বেরিয়াম সালফাইট অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উহা ব্রোমিন বা আয়োডিন দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। বেরিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড সাদা অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে।

সালফাইটের উপস্থিতিতে কার্বনেট লবণের পরীক্ষা—সালফাইট ও কার্বনেট লবণের মিশ্রণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ নির্গত হয়। উভয় গ্যাসই চুনজল ঘোলা করে বলিয়া এই পরীক্ষা দ্বারা উহাদের পার্থক্য করা যায় না। গ্যাস-মিশ্রণকে অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড হয় এবং দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড অপরিবর্তিত অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। অতঃপর ইহা চুনজলের মধ্যে প্রবাহিত করিলে চুনজল ঘোলাটে হয়। গ্যাস-মিশ্রণ হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড অপসারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা করা হয়।

ব্যবহার

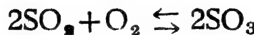
(i) সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট কাগজ-শিল্পে এবং সোডিয়াম মেটাবাই-সালফাইট ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) জীবাণুনাশকরূপে ও বিরঞ্জিত দ্রব্যের অতিরিক্ত ক্লোরিন অপসারণের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) বিজারক দ্রব্যরূপে সালফাইট ব্যবহৃত হয়।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড (Sulphur Trioxide)

প্রস্তুতি—(1) 450° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত প্লাটিনামচূর্ণাবৃত অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন বা বায়ুর মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। হিমমিশ্রণে শীতল করা শুষ্ক পাত্রে ঠাণ্ডা করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।



$$2SO_2 + O_2 \leftrightarrows 2SO_3$$

(2) ফেরিক সালফেট বা পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া কিংবা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে ফস্‌ফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা পাতিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

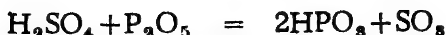


$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 2SO_3$$



$$H_2S_2O_7 = H_2SO_4 + SO_3$$

(পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড)



$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$

ধর্ম—(i) সালফার ট্রাই-অক্সাইড সাদা কঠিন পদার্থ।

(ii) ইহা বিশেষ জলাকর্ষী পদার্থ। বায়ুর জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে ইহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিডের ধোঁয়া নির্গত হয়।

(iii) জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ইহা দ্রবীভূত হইয়া পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। এই অ্যাসিডকে ওলিয়াম (oleum)-ও বলে।



$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride)।

(iv) ইহা অ্যাসিডীয় অক্সাইড। $Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$

সালফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric Acid)

মধ্যযুগের অ্যালকেমিবিদগণ ফেরাস সালফেট (হীরাকস) উত্তপ্ত করিয়া নির্গত গ্যাস জলে দ্রবীভূত করিয়া সালফিউবিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতেন। ফেরাস সালফেটের নাম "গ্রীন্ ভিট্রিয়ল" (green vitriol) এবং ইহা হইতে প্রাপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডকে তখন "অয়েল অব্ ভিট্রিয়ল" (oil of vitriol) বলা হইত। অষ্টাদশ শতাব্দীতে সালফার হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া উহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার প্রণালী প্রবর্তিত হয়।

প্রকৃতিতে অ্যাসিডরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণতঃ পাওয়া যায় না। ইহার বিভিন্ন ধাতব লবণ খনিজরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। যথা—

জিপসাম—$CaSO_4 . 2H_2O$; অ্যানহাইড্রাইট—$CaSO_4$; কাইসেরাইট $MgSO_4 . H_2O$ বেরাইটিস—$BaSO_4$; অ্যাংগ্লেসাইট—$PbSO_4$ ইত্যাদি।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি

শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিডের স্থান বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। প্রায় সমস্ত প্রধান প্রধান শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে ব্যবহৃত হয়। দেশের শিল্পোন্নতির

জন্য সালফিউরিক অ্যাসিডের ন্যায় অন্য কোন রাসায়নিক পদার্থ এত বেশী পরিমাণে ব্যবহৃত হয় না। এজন্য সালফিউরিক অ্যাসিডকে "রাসায়নিক দ্রব্যের রাজা" (King of chemicals) বলা হয়। কোন দেশে শিল্পের জন্য যে পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় তাহা ঐ দেশের শিল্প-প্রগতির নির্দেশক রূপে ধরা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির জন্য দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত আছে—

(1) **লেড চেম্বার পদ্ধতি বা সীসক-প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি** (Lead chamber process)

(2) **স্পর্শ পদ্ধতি** (Contact process)

দুইটি পদ্ধতিতেই সালফার ডাই-অক্সাইডকে প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করা হয়। পদ্ধতি দুইটিতে ভিন্ন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়।

প্রয়োজনীয় সালফার ডাই-অক্সাইড নিম্নরূপে সংগ্রহ করা হয়।

মৌলিক সালফার হইতে—সালফারের চুল্লীতে বা বার্নারে বায়ুপ্রবাহে মৌলিক সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$S+O_2 = SO_2$$

এই সালফার ডাই-অক্সাইডে অবিশুদ্ধি খুবই কম থাকে বলিয়া ইহা ব্যবহার করা সুবিধাজনক।

আয়রন পাইরাইটিস বা জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে—আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2) ও জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS) সালফার-ঘটিত খনিজ পদার্থ। বার্নারে বায়ু-প্রবাহে পোড়াইয়া ইহা হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়।



$$4FeS_2+11O_2 = 2Fe_2O_3+8SO_2$$



$$2ZnS+3O_2 = 2ZnO+2SO_2$$

আয়রন পাইরাইটিস হইতে যে গ্যাসমিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাতে শতকরা প্রায় 8 ভাগ সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। ইহার সহিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন (বায়ু হইতে) এবং আর্সেনিয়াস অক্সাইড ও ধূলিকণা ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে।

নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড (spent oxide of iron) **হইতে**—কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড উপজাতরূপে পাওয়া যায়। ইহা আয়রনের সালফাইড—Fe_2S_3, FeS (276 পৃষ্ঠা দেখ)। ইহাকে বায়ুতে পোড়াইয়া

যে গ্যাসমিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাতে শতকরা প্রায় 7 ভাগ সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। পাইরাইটিস হইতে উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণে যে সমস্ত অবিশুদ্ধি থাকে তাহা ইহার সহিতও মিশ্রিত থাকে।



$$2Fe_2S_3+9O_2 = 2Fe_2O_3+6SO_2$$



$$4FeS+7O_2 = 2Fe_2O_3+4SO_2$$

অ্যানহাইড্রাইট (anhydrite, $CaSO_4$) **হইতে**—চূর্ণ অ্যানহাইড্রাইটের সহিত কোক, বালি (সিলিকা) ও অ্যালুমিনা (Al_2O_3) মিশ্রিত করিয়া চুল্লীতে কয়লার সাহায্যে তীব্র উত্তপ্ত (1400°C) করা হয়। নির্গত গ্যাসে শতকরা প্রায় 8 ভাগ সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে, অন্যান্য অবিশুদ্ধিগুলি আয়রন পাইরাইটিস হইতে উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণের ন্যায়। এই পদ্ধতিতে যে কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহা সিমেন্ট-রূপে ব্যবহার করা যায় ; প্রধান বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ—



$$2CaSO_4+C = 2CaO+2SO_2+CO_2$$



$$CaO+SiO_2 = CaSiO_3$$ (ক্যালশিয়াম সিলিকেট)



$$Al_2O_3+CaO = Ca(AlO_2)_2$$ (ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট)

চেম্বার বা প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Chamber process)

পদ্ধতির নীতি—এই পদ্ধতিতে আর্দ্র সালফার ডাই-অক্সাইডকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করা হয়। এইজন্য নাইট্রোজেনের অক্সাইড প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে যে বিক্রিয়াগুলি ঘটে তাহা নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে।

সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন-অক্সাইড ও জল—ইহাদের বিক্রিয়ায় প্রথমে নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অতঃপর জল দ্বারা ইহা দ্রুত বিযোজিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন-অক্সাইড নির্গত হয়। এই নাইট্রোজেন-অক্সাইড পুনরায় বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।



$$2SO_2 + O_2+H_2O + NO + NO_2 = 2SO_2(OH)O.NO$$

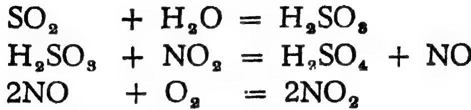
নাইট্রোজেন-অক্সাইড নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড



$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$

নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন-অক্সাইড

বিকল্প মতবাদ অনুসারে, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহা বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হইয়া পুনরায় আরও সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ-কার্যে অংশ গ্রহণ করে।



$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$H_2SO_3 + NO_2 = H_2SO_4 + NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

পদ্ধতির বর্ণনা: বার্নার (Burners)—এখানে মৌলিক সালফার, আয়রন পাইরাইটিস বা নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।

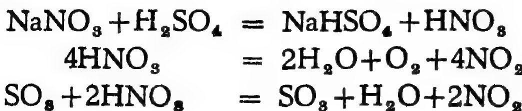
ধূলিরোধক স্তম্ভ (Dust settling chamber)—বার্নার হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণ ইহার মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া যথাসম্ভব ধূলিমুক্ত করা হয়। অতঃপর ইহা প্রভাবক নাইট্রোজেন-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত করা হয়।

প্রভাবক-উৎপাদন—লোহিত-তপ্ত প্লাটিনামের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

কোন কোন ক্ষেত্রে সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাতিত করা হয়। ইহাতে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উৎপন্ন হয়। উত্তাপে নাইট্রিক-অ্যাসিড-বাষ্প বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়াও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$
$$4HNO_3 = 2H_2O + O_2 + 4NO_2$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = SO_3 + H_2O + 2NO_2$$

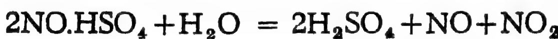
এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন-অক্সাইডকে প্রভাবকরূপে মিশ্রিত করিলে গ্যাসমিশ্রণকে অতঃপর ধূলিরোধক স্তম্ভের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে ধূলিকণা থিতাইয়া পড়ে এবং গ্যাসমিশ্রণ ঠাণ্ডা হয়।

গ্লোভার টাওয়ার (Glover tower)—সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু ও নাইট্রোজেন-অক্সাইডের উত্তপ্ত ($300° - 400°$) গ্যাসমিশ্রণ অতঃপর নীচ হইতে গ্লোভার টাওয়ারে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। গ্লোভার টাওয়ার অ্যাসিডরোধক ইষ্টক দ্বারা নির্মিত এবং ইহাতে পাথর-কুচি ভরা থাকে। গ্লোভার টাওয়ারের উপর হইতে চেম্বার অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেন-অক্সাইড মিশ্রিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে পাথর-কুচির মধ্য দিয়া নীচে পড়িতে থাকে এবং ঊর্ধ্বগামী উষ্ণতর গ্যাস-মিশ্রণের সংস্পর্শে আসে। ফলে—

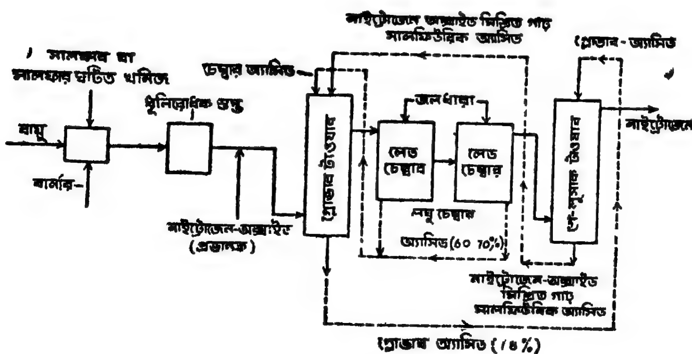
(*i*) বার্নার হইতে আগত গ্যাসমিশ্রণকে ষ্টীম প্রকোষ্ঠে বা লেড চেম্বারের উপযোগী তাপমাত্রা ($50° - 80°C$) পর্যন্ত শীতল করে।

(*ii*) উত্তাপের ফলে লঘু চেম্বার অ্যাসিড (60—70%) হইতে জলীয় বাষ্প বাষ্পীভূত হইয়া উহা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে (78%) পরিণত হইয়া টাওয়ারের নীচে ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়।

(iii) গে-লুসাক টাওয়ার হইতে যে নাইট্রোজেন-অক্সাইড মিশ্রিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড আসে তাহা লঘু চেম্বার অ্যাসিডের জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া নাইট্রোজেন-অক্সাইড পরিত্যাগ করে। নাইট্রোজেন-অক্সাইড এইরূপে মুক্ত হয় এবং ইহা বার্নার-গ্যাসমিশ্রণের সহিত লেড চেম্বারে প্রবেশ করে।



$$2NO.HSO_4 + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$



চিত্র 86—চেম্বার পদ্ধতি

(iv) গ্লোভার টাওয়ারে সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু, নাইট্রোজেন-অক্সাইড

ও জল রহিয়াছে। উহাদের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে এখানে কিছু সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

লেড-চেম্বার (Lead chambers)—গ্লোভার টাওয়ার হইতে গ্যাসমিশ্রণ কতকগুলি সীসার নির্মিত প্রকোষ্ঠ বা লেড চেম্বারে প্রবেশ করে। উপর হইতে চেম্বারের মধ্যে শীতল ও খুব সূক্ষ্ম জলধারা দেওয়া হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন-অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (60—70%) উৎপন্ন হয় এবং চেম্বারের তলদেশে সঞ্চিত হয়। ইহা চেম্বার অ্যাসিড এবং ইহাকেই গ্লোভার টাওয়ারের উপর হইতে প্রবাহিত করাইয়া গাঢ় করা হয়।

চেম্বার অ্যাসিডের গাঢ়তা বেশী হইলে ইহা চেম্বারের লেড আক্রমণ করে এবং নাইট্রোজেন-অক্সাইড শোষণ করিয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ইহাকে চেম্বার স্ফটিক (chamber crystals) বলা হয়। চেম্বারের অপর্যাপ্ত জলের জন্য ইহা গঠিত হয়। $2SO_2+NO+NO_2+O_2+H_2O= 2(OH).SO_2.ONO$। জল মিশাইলে ইহা বিযোজিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

গে-লুসাক টাওয়ার (Gay-Lussac tower)—শেষ লেড চেম্বার হইতে যে গ্যাসমিশ্রণ নির্গত হয় তাহাতে প্রভাবক নাইট্রোজেন-অক্সাইড, সামান্য অপরিবর্তিত সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও বায়ুর নাইট্রোজেন থাকে। এই গ্যাসমিশ্রণকে গে-লুসাক টাওয়ারে প্রবেশ করান হয়। টাওয়ারটি অ্যাসিড-রোধী ইষ্টক দ্বারা নির্মিত এবং কোক দ্বারা পূর্ণ। ইহার উপর দিয়া গ্লোভার টাওয়ার হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড আনিয়া ধীরে ধীরে ঢালা হয়। গ্যাসমিশ্রণের নাইট্রোজেন-অক্সাইড (প্রভাবক) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত হইয়া নাইট্রেটেড-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। প্রভাবক নাইট্রোজেন-অক্সাইডকে এইরূপে ধরিয়া রাখা হয়। নাইট্রোজেন ও অন্যান্য গ্যাসগুলি নির্গম-পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়।

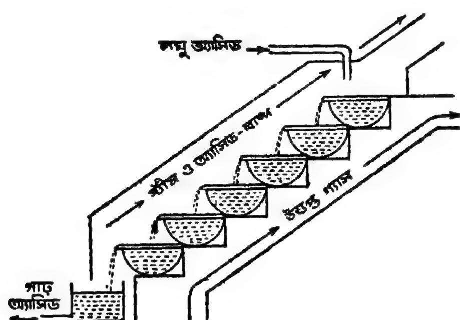


$$NO+NO_2+2H_2SO_4 = 2HO.SO_2.O.NO+H_2O$$

এই নাইট্রেটেড-সালফিউরিক অ্যাসিড (নাইট্রোজেন-অক্সাইড মিশ্রিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড) পাম্পের সাহায্যে গ্লোভার টাওয়ারের মধ্যে ধীরে ধীরে ফেলা হয়। সেখানে নাইট্রোজেন-অক্সাইডের পুনরুদ্ধার হয়। গে-লুসাক টাওয়ার মূল্যবান নাইট্রোজেন-অক্সাইডের অপচয় বন্ধ করে, ইহা সহজেই বুঝিতে পার।

এই প্রণালীতে লেড চেম্বারে যে অ্যাসিড জমা হয় তাহা 60—70% গাঢ়। গ্লোভার টাওয়ারে ইহাকে 78% পর্যন্ত গাঢ় করা হয়। 78% অ্যাসিডকে "ব্রাউন অয়েল অব্ ভিট্রিয়ল" (Brown oil of vitriol বা সংক্ষেপে B. O. V.) বলে।

চেম্বার অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণ—সিলিকা বা ফেরো-সিলিকন নির্মিত বেসিনে সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে উপর হইতে নিচে পর পর সাজাইয়া রাখা হয়। গ্যাসের সাহয্যে বেসিনগুলি উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত

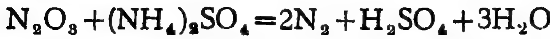


চিত্র 87—কাস্‌কেড পদ্ধতি

গ্যাস নীচ হইতে উপর দিকে উঠে। সর্বাপেক্ষা উপরের বেসিনে লঘু অ্যাসিড ঢালা হয় এবং পর পর নীচের বেসিনে উপচাইয়া পড়ে। উত্তপ্ত গ্যাসের সংস্পর্শে লঘু অ্যাসিডের জল বাষ্পরূপে অপসারিত হইতে থাকে। একেবারে নীচের পাত্রে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (95—96%) সঞ্চিত হয়। এই অ্যাসিডকে Rectified oil of vitriol (R. O. V.) বলা হয়। গাঢ়ীকরণের এই পদ্ধতির নাম **কাস্‌কেড পদ্ধতি** (Cascade process)।

সালফিউরিক অ্যাসিডের বিশুদ্ধিকরণ- বাণিজ্যিক অ্যাসিডে লেড সালফেট, আর্সেনিয়াস অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও জৈব পদার্থ অবিশুদ্ধি-রূপে থাকে। এই অ্যাসিডে খানিকটা জল মিশাইয়া লঘু (·60%) করা হয়। ইহাতে লেড সালফেট আংশিক অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতঃপর ইহার মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে আর্সেনিক এবং বাকি লেড অদ্রাব্য সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অমসৃণ পোর্সিলেনের মধ্য দিয়া ফিল্‌টার করিয়া অধঃক্ষেপ অপসারিত করা হয়।

পরিস্রুত-অ্যাসিডের সহিত সামান্য অ্যামোনিয়াম সালফেট মিশাইয়া পাতিত করিলে নাইট্রোজেনর অক্সাইড বিযোজিত হয়।



$$N_2O_3+(NH_4)_2SO_4=2N_2+H_2SO_4+3H_2O$$

প্রথমদিকে নাইট্রোজেন, জল পাতিত হইয়া আসে এবং শেষ অংশে 98% সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহার সহিত ওলিয়াম (oleum) মিশাইয়া 100% অ্যাসিড তৈয়ারী করা যায়।

স্পর্শ পদ্ধতি (Contact process)

পর্শ পদ্ধতির দুইটি অংশ, (1) সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি এবং (2) সালফার ট্রাই-অক্সাইড হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি।

পদ্ধতির নীতি—বিশুদ্ধ ও শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইডকে প্রভাবকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এজন্য সূক্ষ্ম প্লাটিনামচূর্ণাবৃত অ্যাসবেস্টস (platinised asbestos) কিংবা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। জারণের সমীকরণটি—



$$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

এই বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপ উৎপাদক। কতকগুলি ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন সন্তোষজনক হয়।

(i) অতিরিক্ত অক্সিজেনে এই বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন ভাল হয়। সমীকরণ অনুসারে দেখা যায় যে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত 2 : 1 কিন্তু এই বিক্রিয়ায় এরূপ পরিমাণ বায়ু ব্যবহার করা হয় যাহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত 2 : 3 হিসাবে থাকে।

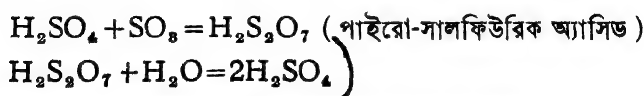
(ii) তাপমাত্রা বেশী হইলে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় অর্থাৎ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন কমে। তাপমাত্রা কমাইলে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন ভাল হয় কিন্তু বিক্রিয়াটি খুব ধীরে ধীরে চলে। দেখা গিয়াছে যে বিক্রিয়াটি যদি 450° সেণ্টিগ্রেডে সম্পন্ন করা হয়, তবে বিক্রিয়াটি মোটামুটি তাড়াতাড়ি চলে এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইডের

উৎপাদনও ভাল হয়। 450° সেন্টিগ্রেড এই বিক্রিয়ার উপযোগী তাপমাত্রা (optimum temperature)। এই সঙ্গে প্লাটিনাম চূর্ণ বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড প্রভাবকরূপে ব্যবহার করিলে সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ আরও ত্বরান্বিত হয়।

(iii) ব্যবহৃত সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ু বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া আবশ্যক। উহাতে ধূলিকণা, অ্যাসিড-বাষ্প, সালফার গুঁড়া, আর্সেনিয়াস অক্সাইড ইত্যাদি থাকিলে প্রভাবকের কার্যক্ষমতা খুবই তাড়াতাড়ি হ্রাস পায়। সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিবার সময় এই আবিশুদ্ধিগুলি সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর সহিত মিশ্রিত থাকে। এইহেতু গ্যাস মিশ্রণের শোধনের জন্য বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়।

উল্লিখিত শর্তগুলি পূরণ করিলে সাধারণ বায়ু-চাপে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রায় সম্পূর্ণরূপে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে সরাসরি জলে দ্রবীভূত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয় না। কারণ সেক্ষেত্রে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড কুয়াশার মত হইয়া বায়ুতে চলিয়া যায়। সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে (98%) শোষিত করা হয়। ইহাতে **ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড** বা **ওলিয়াম** (oleum) উৎপন্ন হয়। ইহার রাসায়নিক নাম পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড। এই পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিমাণ মত জল মিশাইয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে (98%) পরিণত করা হয়।



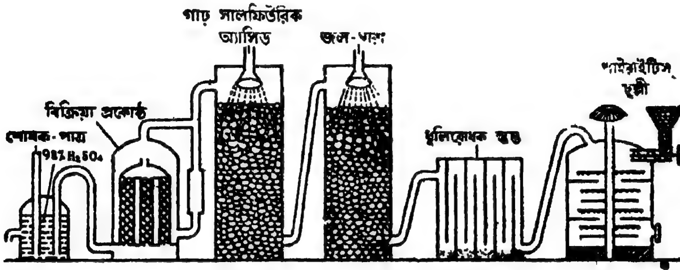
$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$ (পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড)

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

পদ্ধতির বর্ণনা—নিম্নে স্পর্শ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হইল।

সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন—চুল্লীতে মৌলিক সালফার বা আয়রন পাইরাইটিস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইডের বিভিন্ন উৎসের কথা পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে। চুল্লী হইতে যে গ্যাসমিশ্রণ বাহির হয় তাহাতে প্রায় 8% সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। ইহার সহিত অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং অন্যান্য অবিশুদ্ধিগুলি (পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে) মিশ্রিত থাকে।

গ্যাসমিশ্রণ বিশুদ্ধিকরণ—এই গ্যাসমিশ্রণকে ধূলিরোধক-স্তম্ভের (Dust catcher) মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয়। ফলে ভাসমান ধূলিকণা থিতাইয়া নীচে পড়ে। অতঃপর গ্যাসমিশ্রণ একটি নলের মধ্য দিয়া একটি স্তম্ভে প্রবেশ করে। স্তম্ভটি পাথর-কুচি দ্বারা পূর্ণ এবং ইহার উপর হইতে জলধারা পড়িতে থাকে। জলধারার



চিত্র 44—স্পর্শ পদ্ধতি

সংস্পর্শে গ্যাসমিশ্রণের দ্রাব্য অবিশুদ্ধিগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয় এবং গ্যাসমিশ্রণ ঠাণ্ডা হয়। ইহার পর আরেকটি কোকপূর্ণ স্তম্ভে গ্যাসমিশ্রণকে নিম্নগামী গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারায় ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাসমিশ্রণকে অতঃপর বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে পাঠান হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ——বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে কতকগুলি লৌহ-নলের মধ্যে সূক্ষ্ম প্লাটিনামচূর্ণাবৃত অ্যাসবেস্টস কিংবা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড প্রভাবক রাখিয়া প্রথমে 400°-450° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়া আরম্ভ হইলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় এবং তখন বাহির হইতে তাপের আর প্রয়োজন হয় না। প্রভাবকের সংস্পর্শে আসিবার পূর্বে অপেক্ষাকৃত শীতল গ্যাসমিশ্রণ প্রভাবক-নলের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উত্তপ্ত হয়। পরে গ্যাসমিশ্রণ নলের মধ্যস্থিত প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় এবং প্রক্রিয়াটি এরূপ নিয়ন্ত্রিত হয় যে শীতল গ্যাসমিশ্রণের সহিত তাপ বিনিময় ঘটিয়া প্রভাবকের তাপমাত্রা 450° সেন্টিগ্রেডের কাছাকাছি থাকে।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড শোষণ—বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত সালফার ট্রাই-অক্সাইড শীতল করিয়া 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করা হয়। ইহাতে

পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড (ওলিয়াম) উৎপন্ন হয় এবং ইহাতে পরিমাণমত জল মিশাইয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

চেম্বার ও স্পর্শ পদ্ধতির তুলনা

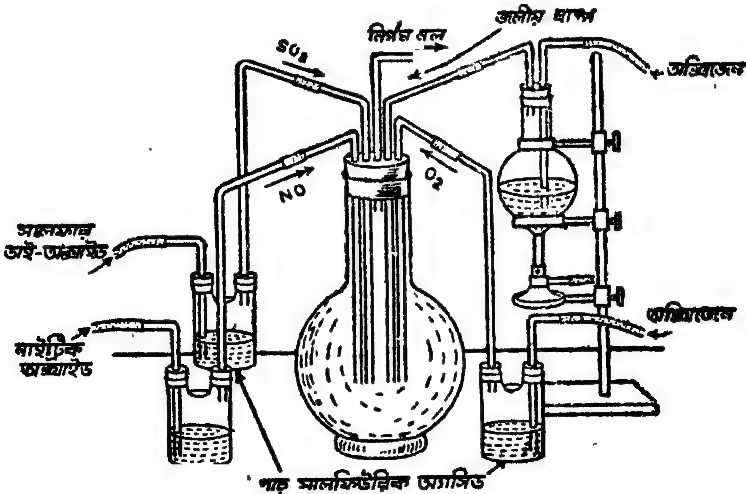
চেম্বার পদ্ধতি	স্পর্শ পদ্ধতি
(i) উৎপন্ন অ্যাসিড লঘু (60-70%)।	(i) উৎপন্ন অ্যাসিড গাঢ় (98%)। সরাসরি ধুমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।
(ii) উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ নহে। ইহার সহিত আর্সেনিক, লেড, নাইট্রোজেন অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। পৃথক ব্যবস্থায় বিশুদ্ধ অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে হয়।	(ii) উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ।
(iii) চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণ সরাসরি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। গ্যাসমিশ্রণ বিশুদ্ধ করা হয় না। এজন্য উৎপন্ন অ্যাসিড অবিশুদ্ধ।	(iii) প্রভাবকের বিষসঞ্চার (poisoning) বন্ধ করিবার জন্য গ্যাসমিশ্রণ বিশুদ্ধ করা প্রয়োজন। এজন্য এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডে অবিশুদ্ধি থাকে না।
(iv) সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হয় না, কিছুটা অপরিবর্তিত থাকে।	(iv) প্রায় সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হয়।

ধুমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (Fuming sulphuric acid) বা **ওলিয়াম** (Oleum)—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে তাহাকে ধুমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম বলা হয়। ইহার প্রস্তুতি পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ল্যাবরেটরী প্রস্তুতি—চেম্বার পদ্ধতির রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর ভিত্তি করিয়া ল্যাবরেটরীতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতির পরীক্ষা নিম্নরূপে দেখান যায়।

একটি শুষ্ক বড় ফ্লাস্কের মুখে রবার কর্কের সাহায্যে চারিটি বড় এবং একটি ছোট কাচ-নল যুক্ত আছে। বড় নল চারিটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌঁছায়। ইহাদের তিনটির অপর প্রান্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ তিনটি উল্‌ফ-বোতলের সহিত যুক্ত এবং চতুর্থটির অপর প্রান্ত জলপূর্ণ একটি ছোট ফ্লাস্কের সহিত যুক্ত। এই ফ্লাস্কের জল উত্তপ্ত করিবার ব্যবস্থা আছে। ফ্লাস্কের মুখের ছোট নলটি খাড়াভাবে বসান এবং ইহার একপ্রান্ত ফ্লাস্কের গলা পর্যন্ত পৌঁছায়। ইহা নির্গম-নলরূপে কাজ করে।

গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ একটি উল্‌ফ বোতল নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস তৈয়ারীর যন্ত্রের সহিত যুক্ত। তামার ছিলা এবং লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই যন্ত্রে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস তৈয়ারী করা হয় (পৃঃ 139)। নির্গত নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া শুষ্ক হইয়া বড় ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। দ্বিতীয় উল্‌ফ বোতলটি সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারীর যন্ত্রের সহিত যুক্ত। তামার ছিলা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া এই যন্ত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয় (পৃঃ 281)। নির্গত সালফার ডাই অক্সাইড গাঢ় H_2SO_4-এর দ্বারা

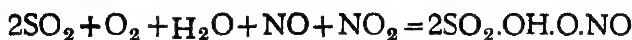


চিত্র 88A—ল্যাবরেটরীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

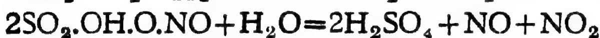
শুষ্ক হইয়া বড় ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। অপর উল্‌ফ বোতলের মধ্য দিয়া অক্সিজেন প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়।

একটি নলের সাহায্যে বড় ফ্লাস্কটিতে প্রথমে শুষ্ক অক্সিজেন পরিচালিত করা হয়। তারপর উহার মধ্যে শুষ্ক নাইট্রিক অক্সাইড চালনা করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে

নাইট্রোজেনের লাল অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতঃপর ফ্লাস্কের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালনা করা হয়। কিছু পরে ছোট ফ্লাস্কের গরম জলে অক্সিজেন পরিচালিত করিয়া বড় ফ্লাস্কের মধ্যে জলীয় বাষ্প পাঠান হয়। বিক্রিয়ার ফলে ফ্লাস্কের ভিতরের গায়ে নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস উৎপন্ন হয় এবং ফ্লাস্কের গ্যাস প্রায় বর্ণহীন হইয়া যায়। অক্সিজেন প্রবাহের সাহায্যে ফ্লাস্কের গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয়। ইহার পর ছোট ফ্লাস্কের জল ফুটান হয় এবং উৎপন্ন স্টীম বড় ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। স্টীমের সংস্পর্শে নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডের কেলাস দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেনের লাল অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কের তলায় জমা হয়। এখানে যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা চেম্বার পদ্ধতির নীতি আলোচনা কালে বর্ণনা করা হইয়াছে (পৃঃ 296)।



$$2SO_2+O_2+H_2O+NO+NO_2=2SO_2.OH.O.NO$$



$$2SO_2.OH.O.NO+H_2O=2H_2SO_4+NO+NO_2$$

এই বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা নিম্নরূপেও দেওয়া যায়।

নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহা জল মিশ্রিত সালফার ডাই-অক্সাইডকে অর্থাৎ সালফিউরাস আসিডকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা পুনরায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং পূর্বের ন্যায় ক্রিয়া করে।



$$2NO+O_2 = 2NO_2$$



$$SO_2+H_2O = H_2SO_3$$



$$H_2SO_3+NO_2 = H_2SO_4+NO$$



আবার, $2NO+O_2 = 2NO_2$

সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম—

ভৌত ধর্ম- (i) বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন ভারী ও তৈলাক্ত তরল পদার্থ।

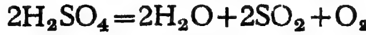
(ii) 15° সেন্টিগ্রেডে ইহার ঘনত্ব 1·838।

(iii) সালফিউরিক অ্যাসিডের (98%) স্ফুটনাঙ্ক 338°C।

(iv) ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মেশে।

(v) জলীয় দ্রবণে ইহা তড়িতের সুপরিবাহী।

রাসায়নিক-ধর্ম—(1) তাপের প্রভাব—তাপের প্রভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া সালফার-ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জল উৎপন্ন করে।



$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

পরীক্ষা 11. 10. বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেল। উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণ নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া একটি U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। U-নলটি হিম-মিশ্রণে বসান আছে। এই U-নলে একটি তরল পদার্থ সঞ্চিত হয়। U-নলের অপর মুখ দিয়া একটি গ্যাস বাহির হইয়া গ্যাসজারের জল অপসারিত করিয়া উহার মধ্যে সঞ্চিত হয়। এই গ্যাসের মধ্যে শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। সুতরাং গ্যাসজারের গ্যাসটি অক্সিজেন। U-নলের তরল পদার্থটি সামান্য উত্তপ্ত করিলে পোড়া গন্ধকের ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হয়। ইহা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন করে, অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্‌টার কাগজ সবুজ করে। সুতরাং এই গ্যাস সালফার ডাই-অক্সাইড। (30 নং চিত্র দেখ)

(2) **অ্যাসিড ধর্ম**—সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড। ইহাতে অ্যাসিডের সব ধর্ম বর্তমান।

(i) ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে।

(ii) ক্ষারকের সহিত ইহা লবণ ও জল উৎপন্ন করে। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড বলিয়া ইহা অ্যাসিড-লবণ ও নর্ম্যাল বা শমিত লবণ, এই দুই প্রকার লবণ উৎপন্ন করে।

ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল



$$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম বাইসালফেট



$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম সালফেট



$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

জিঙ্ক অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড জিঙ্ক সালফেট



$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম সালফেট



$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

কিউপ্রিক অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড কপার সালফেট

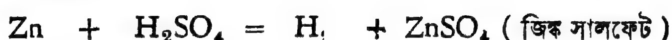


$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়াম সালফেট

ইহাদের মধ্যে $NaHSO_4$ অ্যাসিড-লবণ, অন্যান্যগুলি নর্ম্যাল লবণ।

(iii) জিঙ্ক, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে। এই সঙ্গে ধাতুগুলির সালফেট উৎপন্ন হয়।



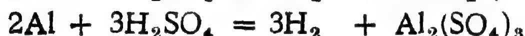
$$Zn + H_2SO_4 = H_2 + ZnSO_4$$ (জিঙ্ক সালফেট)



$$Mg + H_2SO_4 = H_2 + MgSO_4$$ (ম্যাগনেসিয়াম সালফেট)



$$Fe + H_2SO_4 = H_2 + FeSO_4$$ (ফেরাস সালফেট)



$$2Al + 3H_2SO_4 = 3H_2 + Al_2(SO_4)_3$$

(অ্যালুমিনিয়াম সালফেট)

পরীক্ষা 11. 11. একটি টেস্ট-টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে জিঙ্কের দানা বা লোহার গুঁড়া মিশাও। বুদ্‌বুদ্‌ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসের মধ্যে জলন্ত কাঠি ধরিলে নীল শিখাসহ জলে। সুতরাং নির্গত গ্যাস হাইড্রোজেন।

(iv) ইহা কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।



$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$



$$NaHCO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O + CO_2$$

পরীক্ষা 11. 12. একটি টেস্ট-টিউবে সোডিয়াম কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লইয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। বুদ্‌বুদ্‌ আকারে গ্যাস নির্গত হয় এবং নির্গত গ্যাস চুনজল ঘোলাটে করে। সুতরাং নির্গত গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড।

(3) **জলের প্রতি আসক্তি**—সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি আসক্তি খুব বেশী। জলের সহিত মিশাইলে প্রভূত তাপের উদ্ভব হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিলে এত উত্তাপের সৃষ্টি হয় যে মিশ্রণ প্রায় ফুটিতে আরম্ভ করে এবং জল স্টীমে পরিণত হইয়া চারিদিকে ছিট্‌কাইয়া পড়ে। এজন্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে হইলে কোন পাত্রে জল লইয়া ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কাচ-দণ্ডের সাহায্যে ক্রমাগত নাড়িতে হয়।

নিম্ন তাপমাত্রায় (0°C-এর নীচে) সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত বিভিন্ন সোদক কেলাস উৎপন্ন করে।



$$H_2SO_4 . H_2O ; H_2SO_4 . 2H_2O ; H_2SO_4 . 4H_2O$$

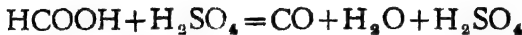
গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বায়ু হইতে কিংবা অন্যান্য আর্দ্র পদার্থ হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। এজন্য ইহা ডেসিকেটরে ব্যবহৃত হয় এবং ইহার মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া গ্যাস শুষ্ক করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডর জলের প্রতি আসক্তি এত বেশী যে ইহা কতকগুলি জৈব পদার্থের অণু হইতে জল শোষণ করিয়া উহাদিগকে বিযোজিত করে।

(i) ফরমিক অ্যাসিড ও ফরমেট লবণ—ফরমিক অ্যাসিড বা ফরমেট লবণের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসে জলন্ত কাঠি ধরিলে নীল শিখাসহ জ্বলে।



$$HCOONa + H_2SO_4 = HCOOH + NaHSO_4$$

সোডিয়াম ফরমেট



$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + H_2O + H_2SO_4$$

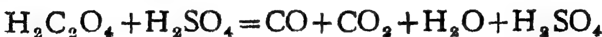
ফরমিক অ্যাসিড

(ii) অক্সালিক অ্যাসিড ও অক্সালেট লবণ—অক্সালিক অ্যাসিড বা অক্সালেট লবণের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সমায়তন কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।



$$Na_2C_2O_4 + H_2SO_4 = H_2C_2O_4 + Na_2SO_4$$

সোডিয়াম অক্সালেট



$$H_2C_2O_4 + H_2SO_4 = CO + CO_2 + H_2O + H_2SO_4$$

অক্সালিক অ্যাসিড

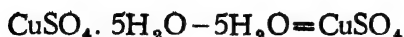
এ সম্পর্কে 202-203 পৃষ্ঠা দেখ।

(iii) চিনি—একটি বীকারে চিনির গাঢ় জলীয় দ্রবণ লইয়া উহাতে অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় এবং জলীয় বাষ্প নির্গত হয়। কালো কার্বন পৃথক হইয়া পড়ে।



$$C_{12}H_{22}O_{11}(\text{চিনি}) + H_2SO_4 = 12C + 11H_2O + H_2SO_4$$

(iv) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তুঁতের কেলাস-জল শোষণ করিয়া উহাকে অনার্দ্র কপার সালফেটের গুঁড়ায় পরিণত করে। তুঁতের নীল রঙ সাদা হইয়া যায়।



$$CuSO_4.5H_2O - 5H_2O = CuSO_4$$

ফস্ফরাস পেন্টক্সাইডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু হইতে জল শোষিত হয় এবং ইহা সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$H_2SO_4 - H_2O = SO_3$$

জলের সহিত সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$। সুতরাং সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride)।

(4) **জারণ ধর্ম**—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ ধর্ম আছে। ইহা অনেক অধাতু, ধাতু ও যৌগিক পদার্থকে জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।

অধাতুর জারণ—উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে। সালফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।



$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + 2, O$$



$$C + 2, O = CO_2$$



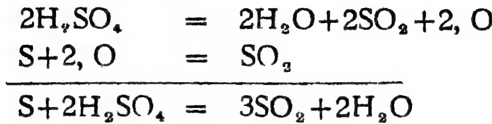
$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা 11. 13. একটি টেস্ট-টিউবে কার্বন-চূর্ণ লইয়া উহাতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। এই টেস্ট-টিউবটি নির্গম-নল দ্বারা পর পর দুইটি টেস্ট-টিউবের সহিত যুক্ত—প্রথম টেস্ট-টিউবে অ্যাসিড্‌যুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ এবং দ্বিতীয় টেস্ট-টিউবে চুনজল রাখা হয়। কার্বন-চূর্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের টেস্ট-টিউবটি উত্তপ্ত কর। সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ নির্গত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে শোষিত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া দ্বিতীয় টেস্ট-টিউবের চুনজল ঘোলাটে করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড উভয়ই চুনজল ঘোলাটে করে।

এজন্য সালফার ডাই-অক্সাইড অপসারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব প্রমাণিত করা হইয়াছে।

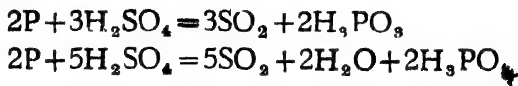
সালফারকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে সালফার জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + 2, O$$
$$S + 2, O = SO_2$$
$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

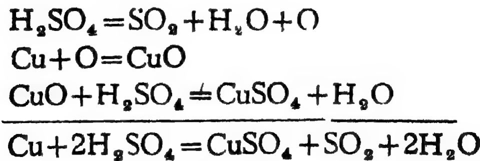
পরীক্ষা 11. 14. একটি টেস্ট-টিউবে গন্ধক-চূর্ণ লইয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও এবং উত্তপ্ত কর। নির্গত গ্যাসের মধ্যে অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ ধরিলে উহা সবুজ হয়। সুতরাং নির্গত গ্যাস সালফার ডাই-অক্সাইড।

উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফসফরাসকে ফস্ফরাস অ্যাসিড ও ফস্ফরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

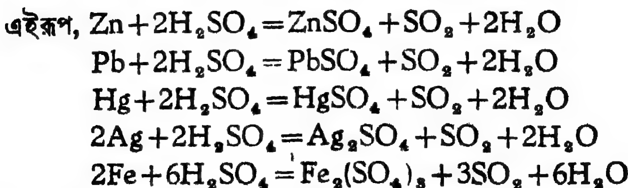


$$2P + 3H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_3PO_3$$
$$2P + 5H_2SO_4 = 5SO_2 + 2H_2O + 2H_3PO_4$$

ধাতুর জারণ—উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কপার, জিঙ্ক, লেড, মারকারি, সিলভার, আয়রন ইত্যাদি অনেক ধাতুকে উহার সালফেট লবণে জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়।



$$H_2SO_4 = SO_2 + H_2O + O$$
$$Cu + O = CuO$$
$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



এইরূপ, $Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$2Fe + 6H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

প্রতিক্ষেত্রেই ধাতুর পরা-যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়। Cu, Zn, Pb, Hg ইত্যাদির

পরা-যোজ্যতা 0 (শূন্য) হইতে 2-এ বৃদ্ধি পাইয়াছে ; সিলভার ও আয়রনের পরা-যোজ্যতা 0 (শূন্য) হইতে যথাক্রমে 1 এবং 3 এ বৃদ্ধি পাইয়াছে।

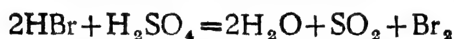
যৌগিক পদার্থের জারণ—পরীক্ষা 11. 15. একটি টেস্ট-টিউবে ফেরাস সালফেট দ্রবণ (সবুজ) লইয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত কর। হলুদ বর্ণের ফেরিক সালফেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে কয়েক ফোঁটা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ মিশাও। গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা ফেরিক লবণের অস্তিত্ব প্রমাণিত করে।

উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে। এখানে ফেরাস সালফেটের অপরা-তড়িৎবাহী SO_4 মূলকের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়াছে কিংবা আয়রনের পরা-যোজ্যতা 2 হইতে 3-এ বৃদ্ধি পাইয়াছে।

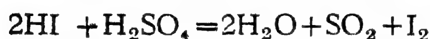


$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O + SO_2$$

ইহা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইডকে ব্রোমিনে এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে।



$$2HBr + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + Br_2$$



$$2HI + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + I_2$$

পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়ার জন্য 259-60 পৃষ্ঠা দেখ।

(5) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা সালফিউরিক অ্যাসিড কম উদ্বায়ী। ঐ অ্যাসিড দুইটির লবণ অর্থাৎ ক্লোরাইড ও নাইট্রেট হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড যথাক্রমে বেশি উদ্বায়ী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড নির্গত করে। সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড অধিকতর শক্তিশালী হওয়া সত্ত্বেও অ্যাসিড দুইটির অধিকতর উদ্বায়িতার জন্য ইহা সম্ভব। হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের ল্যাবরেটরীর প্রস্তুতিতে ইহা দেখিয়াছ (পৃষ্ঠা 215 এবং 222)।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

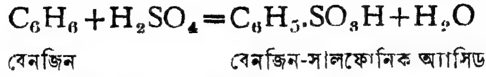


$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

পরীক্ষা 11. 16. দুইটি টেস্ট-টিউবের একটিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং অপরটিতে সোডিয়াম নাইট্রেট লইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও এবং টেস্ট-টিউব দুইটি সামান্য উত্তপ্ত কর। নির্গত গ্যাস দুইটি পরীক্ষার সাহায্যে সনাক্ত কর।

(6) বেনজিন ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে

(180°C) বেনজিন-সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু SO_3H (সালফোনিক) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এইরূপ বিক্রিয়াকে সালফোনেশন (sulphonation) বলে।



$$C_6H_6 + H_2SO_4 = C_6H_5.SO_3H + H_2O$$

বেনজিন বেনজিন-সালফোনিক অ্যাসিড

সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেন আছে।

(i) একটি টেস্ট-টিউবে পাতিত জল লইয়া উহাতে কয়েক টুক্‌রা জিঙ্কের দানা মিশাও। কোন গ্যাস নির্গত হয় না। টেস্ট-টিউবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। বুদ্‌বুদ্‌ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসের মধ্যে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধর। গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলে। সুতরাং ইহা হাইড্রোজেন।

11. 10. নং পরীক্ষা দেখ। গ্যাস-মিশ্রণকে যদি প্রথমে জলে-ডুবানো U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তবে ঐ U-নলে একটি বর্ণহীন তরল পাওয়া যায়। ইহা জল, কারণ ইহার সংস্পর্শে সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটের বর্ণ নীল হয়। জলে হাইড্রোজেন আছে এবং এই জল সালফিউরিক অ্যাসিডের বিযোজনে উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন আছে।

(2) 11. 10. নং পরীক্ষা দেখ। হিম-মিশ্রণে বসানো U-নলের তরল সালফার ডাই-অক্সাইড, তাহা প্রমাণিত হইয়াছে। 11.4. নং পরীক্ষা অনুসারে দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।

(3) 11 10. নং পরীক্ষায় জলের উপর গ্যাসজারে সংগৃহীত গ্যাস অক্সিজেন।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার

(i) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির জন্য এবং সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি সার, নানাবিধ বিস্ফোরক-দ্রব্য, বহু রকমের রঞ্জক, ফটকিরি, স্টার্চ, গ্লুকোজ, অ্যালকোহল, ইথার ইত্যাদি পদার্থ তৈয়ারী করিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

(ii) পেট্রোলিয়াম শোধনে, দস্তালেপনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) ল্যাবরেটরীতে কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলীন ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে, গ্যাসের শুষ্কীকরণে এবং বিকারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iv) স্টোরেজ ব্যাটারিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(v) জৈব পদার্থের নাইট্রেশন ও সালফোনেশন-বিক্রিয়ার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ওলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

সালফেট লবণ (Sulphates)

সালফিউরিক অ্যাসিডেব লবণকে সালফেট বলে। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া অ্যাসিড-লবণ এবং দুইটি হাইড্রোজেন-পবমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া নর্মাল লবণ উৎপন্ন হয়। যথা,

$NaHSO_4$—সোডিয়াম বাই-সালফেট, অ্যাসিড-লবণ।

$Ca(HSO_4)_2$—ক্যালসিয়াম বাই সালফেট, অ্যাসিড-লবণ। দুই অণু H_2SO_4-এর দুইটি H-পবমাণু একটি দ্বি-যোজী Ca-পবমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে।

Na_2SO_4—সোডিয়াম সালফেট, নর্ম্যাল লবণ।

$CaSO_4$—ক্যালসিয়াম সালফেট, নর্ম্যাল লবণ। এক অণু H_2SO_4-এর দুইটি H-পরমাণু একটি দ্বি-যোজী Ca-পবমাণু দ্বাবা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে।

$Al_2(SO_4)_3$—অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, নর্ম্যাল লবণ। তিন অণু H_2SO_4-এর 6টি H-পবমাণু দুইটি ত্রি-যোজী Al-পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে।

প্রস্তুতি—(1) জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুগুলি শীতল ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া সালফেট লবণে পবিণত হয। বিক্রিয়া ও সমীকরণের জন্য 306 পৃষ্ঠা দেখ। কপাব, লেড, সিলভার ইত্যাদি ধাতুগুলি উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া সালফেটে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ও সমীকরণের জন্য 309 পৃষ্ঠা দেখ।

(2) ধাতুর অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, কার্বনেট লবণ সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ধাতব সালফেট উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া ও সমীকরণের জন্য 305-306 পৃষ্ঠা দেখ।

উভয় ক্ষেত্রেই ধাতব সালফেট দ্রবণে থাকে। দ্রবণ ফিলটার করিয়া পরিস্রুত তরল বাষ্পীভূত করিলে সালফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

(3) ধাতুর সালফাইডকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হয়।



$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$

(4) ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় অদ্রাব্য সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2HNO_3$$

ধর্ম—(i) সালফেট লবণগুলি সাধারণতঃ সাদা এবং অধিকাংশ সালফেট জলে দ্রাব্য। অনেক সালফেট লবণে কেলাস-জল আছে। লেড সালফেট (সাদা), বেরিয়াম সালফেট (সাদা) জলে অদ্রাব্য ; ক্যালসিয়াম সালফেট (সাদা) জলে সামান্য দ্রাব্য। কয়েকটি সোদক সালফেটের নাম—

$Na_2SO_4 . 10H_2O$—সোদক সোডিয়াম সালফেট বা গ্লবার সল্ট (Glauber's salt) ; সাদা।

$MgSO_4 . 7H_2O$—সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা ইপ্‌সম সল্ট (Epsom salt) ; সাদা।

$ZnSO_4 . 7H_2O$—সোদক জিঙ্ক সালফেট বা হোয়াইট্ ভিট্রিয়ল (White vitriol) ; সাদা।

$FeSO_4 . 7H_2O$—সোদক ফেরাস সালফেট বা গ্রীন্ ভিট্রিয়ল বা হীরাকস (Green vitriol) ; সবুজ।

$CuSO_4 . 5H_2O$—সোদক কপার সালফেট বা ব্লু ভিট্রিয়ল বা তুঁতে (Blue vitriol) ; নীল।

(ii) তাপের প্রভাবে সোদক সালফেট অনার্দ্র সালফেটে পরিণত হয়। তীব্র উত্তাপে কতকগুলি বিযোজিত হয়।



$$FeSO_4 . 7H_2O = FeSO_4 + 7H_2O$$

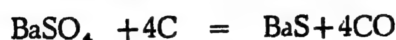


$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

(iii) কার্বনের সহিত মিশ্রিত করিয়া সালফেট লবণ উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া সালফাইডে পরিণত হয়।



$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$



$$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO$$

ব্যবহার—সালফেট লবণের বিভিন্ন ব্যবহার আছে। কয়েকটির ব্যবহার উল্লেখ করা হইল। গ্লবার সল্ট সোডা ও কাচশিল্পে, ইপ্‌সম্ সল্ট বিরেচকরূপে, তুঁতে কপারের তড়িৎলেপনে, রং প্রস্তুতে, বীজাণুনাশকরূপে, গ্রীন ভিট্রিয়ল কাঠ-সংরক্ষণে,

কালি প্রস্তুতিতে, বয়ন শিল্পে ও বীজাণুনাশকরূপে, জিঙ্ক সালফেট বয়ন-শিল্পে ও ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেট লবণের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তামার কুচি মিশাইয়া ফুটাইলে তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

(ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা সালফেট লবণের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।



$$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2HCl$$



$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NaCl$$

অদ্রাব্য সালফেটের ক্ষেত্রে ইহার সহিত প্রায় চারিগুণ পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ও খানিকটা পাতিত জল মিশাইয়া ফুটাইতে হয়।

বিপরিবর্ত-ক্রিয়ায় দ্রাব্য সোডিয়াম সালফেট গঠিত হয়।



$$BaSO_4 + Na_2CO_3 = BaCO_3 + Na_2SO_4$$

অদ্রাব্য অদ্রাব্য দ্রাব্য

ফিলটার করিয়া পরিস্রুত লইয়া পূর্বের ন্যায় বেরিয়াম ক্লোরাইড দিয়া পরীক্ষা করিতে হয়।

অ্যালাম্‌স (Alums)

অ্যালাম্‌স বলিতে এক বিশেষ শ্রেণীর যৌগিক পদার্থ বুঝায়। কোন এক-যোজী ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারী মূলক এবং কোন ত্রি-যোজী ধাতুর যুগ্ম সালফেট যৌগকে অ্যালাম্‌স বলে। এই যুগ্ম সালফেট যৌগের সহিত 24 অণু কেলাস-জল যুক্ত থাকে। অ্যালাম্‌স-এর সাধারণ সংকেত নিম্নরূপে লেখা যায়—

R_2SO_4, $M_2(SO_4)_3$, $24H_2O$, যেখানে R=এক-যোজী ধাতু বা মূলক যথা, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যামোনিয়াম ইত্যাদি এবং M=ত্রি যোজী ধাতু যথা, আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, ক্রোমিয়াম ইত্যাদি। কয়েকটি অ্যালামের নাম ও আণবিক সংকেত নিম্নে দেওয়া হইল।

পটাস অ্যালাম বা সাধারণ অ্যালাম—$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$

সোডা অ্যালাম —$Na_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$

অ্যামোনিয়াম অ্যালাম —$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$

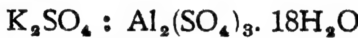
দেখ, অ্যালামে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট থাকিলে কেবলমাত্র এক-যোজী ধাতু বা মূলকের নামেই অ্যালামের নামকরণ হয়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট না থাকিলে সাধারণতঃ এক-যোজী ও ত্রি-যোজী ধাতুরই নাম উল্লেখ করা হয়। যথা,

ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালাম—$(NH_4)_2SO_4 . Fe_2(SO_4)_3 . 24H_2O$

পটাসিয়াম ক্রোমিয়াম অ্যালাম—$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3 . 24H_2O$

পটাস অ্যালাম বা সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি

প্রস্তুতি—(1) নিম্নলিখিত ওজনের অনুপাতে পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেট লওয়া হয়।



$K_2SO_4 : Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$

174 গ্রাম 666 গ্রাম

সালফেট লবণ দুইটি পৃথকভাবে সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ ফুটন্ত পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণে সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়, ইহাতে দ্রবণ স্বচ্ছ হয়। গরম দ্রবণ দুইটি অতঃপর মিশান হয়; মিশ্র দ্রবণ ঠাণ্ডা হইলে ফটকিরির কেলাস পৃথক হইয়া পড়ে। ফিলটার করিয়া সামান্য পরিমাণ শীতল পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিবার পর ফটকিরি শুষ্ক করা হয়। পুনঃকেলাসনের সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয়।

শিল্পের জন্য নিম্নরূপে ফটকিরি তৈয়ারী করা হয়।

(2) **বক্সাইট** (Bauxite) **হইতে**—বক্সাইট একটি খনিজ পদার্থ, ইহার সংকেত, $Al_2O_3 . 2H_2O$। ইহার সহিত বালি ও ফেরিক অক্সাইড মিশ্রিত থাকে।

চূর্ণ বক্সাইটকে সালফিউরিক অ্যাসিডের (শতকরা 62 ভাগ গাঢ়) সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। বক্সাইটের সহিত মিশ্রিত ফেরিক অক্সাইডও সালফেটে পরিণত হয়। অতঃপর ইহাতে বেরিয়াম সালফাইড মিশ্রিত করিয়া ফেরিক সালফেটকে ফেরাস লবণে পরিণত করা হয়। দ্রবণ ফিলটার করিয়া পরিস্রুতে পরিমাণমত পটাসিয়াম সালফেট যোগ করা হয়। মিশ্র

দ্রবণ তাপ-প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে ফটকিরির কেলাস উৎপন্ন হয়। ফিলটার করিয়া ফটকিরি পৃথক করিয়া পুনঃকেলাসনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করা হয়।

(3) **অ্যালুনাইট** (Alunite) **বা অ্যালাম্-স্টোন** (Alum stone) **হইতে**—ইহাও একটি খনিজ পদার্থ এবং ইহার সংকেত, $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 4Al(OH)_3$। চূর্ণ অ্যালুনাইট বা অ্যালাম-স্টোন ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। দ্রবণ ফিলটার করিয়া পরিস্রুত ঠাণ্ডা করা হয় এবং উহাতে উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম সালফেট মিশান হয়। দ্রবণ বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করিলে ফটকিরির কেলাস পৃথক হয়। ফিলটার করিয়া কেলাস সংগ্রহ করা হয়। পুনঃকেলাসনের সাহায্যে ইহা বিশুদ্ধ করা হয়।

ধর্ম—(i) পটাস অ্যালাম বা ফটকিরি বর্ণহীন স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহার স্বাদ তিক্ত।

(ii) ফটকিরি জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডগুণযুক্ত।

(iii) উত্তপ্ত করিলে ফটকিরি প্রথমে গলিয়া যায় এবং উহার কেলাস-জল বাষ্পীভূত হইয়া যায়। 200° সেন্টিগ্রেডে ইহা বিযোজিত হইয়া অনার্দ্র সালফেটে পরিণত হয়। ইহাকে দগ্ধ ফটকিরি (burnt alum) বলে।

ব্যবহার—জল পরিষ্কার করিতে, রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধকরূপে, কাগজ ও চর্ম শিল্পে ফটকিরি ব্যবহৃত হয়। সামান্য কাটার রক্ত বন্ধ করিতে ইহার ব্যবহার আছে।

হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন

(Hydrogen sulphide or sulphuretted hydrogen)

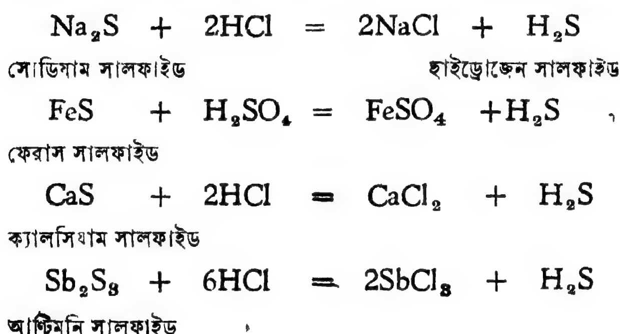
শীলে 1777 খৃস্টাব্দে প্রমাণ করেন যে, হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোজেন ও সালফারের যৌগিক পদার্থ। এই গ্যাসকে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়।

আগ্নেয়গিরির গ্যাসে ও অনেক প্রস্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস দেখা যায়। সালফারযুক্ত জৈব পদার্থ পচিলে এই গ্যাস উৎপন্ন হয়। পচা ডিম, মাছ ও

চামড়া প্রভৃতির দুর্গন্ধ অনেকক্ষেত্রে এই গ্যাসটির জন্য হয়। বায়ুমণ্ডলে ইহা খুব সামান্য পরিমাণে থাকে, যাহার ফলে রূপা, তামা ইত্যাদি ধাতুর উজ্জলতা ধীরে ধীরে হ্রাস পাইয়া উহাতে পাতলা কালো সালফাইডের আস্তরণ পড়ে।

হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি—

(1) **ধাতব সালফাইড হইতে**—ধাতব সালফাইড ও হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S$$

সোডিয়াম সালফাইড   হাইড্রোজেন সালফাইড

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

ফেরাস সালফাইড

$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$

ক্যালসিয়াম সালফাইড

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + H_2S$$

অ্যান্টিমনি সালফাইড

(2) **সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে**—450° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত চূর্ণ নিকেলের উপর দিয়া হাইড্রোজেন ও সালফার-বাষ্পের মিশ্রণ প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়।



$$H_2 + S \rightleftarrows H_2S$$

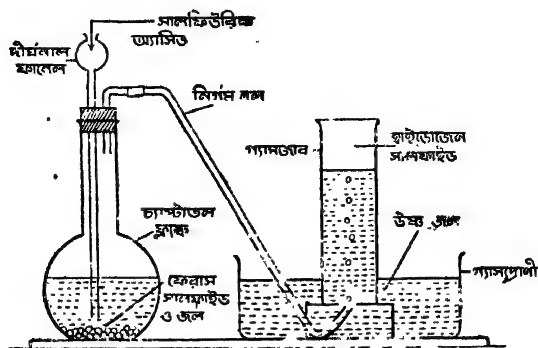
পরীক্ষা 11. 17. ল্যাবরেটরীর পদ্ধতি—সাধারণ তাপমাত্রায় ফেরাস সালফাইডের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটের হাইড্রোজেন তৈয়ারী করা হয়।



$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি চ্যাপ্টাতল ফ্লাস্কে ফেরাস সালফাইডের টুকরা লও। দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া কিছু জল ঢালিয়া নলের শেষ প্রান্ত জলে ডুবাইয়া রাখ। অতঃপর ফানেলের মধ্য দিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড (1 : 1) ঢালিয়া দাও। অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। নির্গম-নল দিয়া গ্যাসটি বাহিরে আসে। গরম জলের

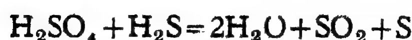
অপসারণ দ্বারা ইহা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। গাসটি বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারাও সংগ্রহ করিতে পার।



চিত্র 89—ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ—এইরূপে প্রস্তুত করা গ্যাসের সহিত হাইড্রোজেন, জলীয় বাষ্প ও কিছু অ্যাসিড-বাষ্প মিশ্রিত থাকে। বাজারের ফেরাস সালফাইডে কিছু আয়রন থাকে এবং ইহা অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ফ্লাস্ক হইতে নির্গত অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের (NaHS) সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। ইহাতে অ্যাসিড-বাষ্প অপসারিত হয়। অতঃপর ফস্‌ফরাস পেন্টক্সাইডের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। অ্যাসিড-বাষ্পমুক্ত শুষ্ক গ্যাসকে (হাইড্রোজেন মিশ্রিত) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড (dry ice) দ্বারা ঠাণ্ডা করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড তরলে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া যায়। তরল হাইড্রোজেন সালফাইডকে অতঃপর ধীরে ধীরে বাষ্পায়িত করিয়া শুষ্ক গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

দ্রষ্টব্য—(*i*) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড শুষ্ক করা যায় না। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত হাইড্রোজেন সালফাইড ক্যালসিয়াম সালফাইড উৎপন্ন করে।



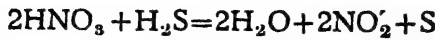
$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$



$$CaCl_2 + H_2 \rightleftharpoons CaS + 2HCl$$

(ii) ফেরাস সালফাইডের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে হাইড্রোজেন

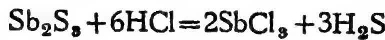
সালফাইড নির্গত হয়। কিন্তু ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়। এইজন্য নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।



$$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$$

(iii) হাইড্রোজেন সালফাইড পারদের সহিত বিক্রিয়া করে বলিয়া পারদের উপর এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় না।

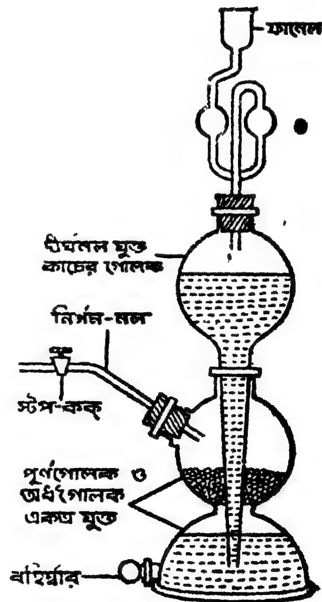
পরীক্ষা 11. 18. ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি—অ্যান্টিমনি সালফাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড তৈয়ারী করা যায়।



$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে অ্যান্টিমনি সালফাইড লইয়া ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল। ফানেলের শেষ প্রান্ত যেন অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্কটিকে ত্রিপদ-স্ট্যাণ্ডে তারজালির উপর বসাইয়া স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাও এবং বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। জলপূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসিড-বাষ্প অপসারিত কর এবং পরে ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইডের সাহায্যে শুষ্ক কর। বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ কর।

কিপ্‌ যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি—কিপ্‌-যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয় তাহা পূর্বেই বলা হইয়াছে (পৃষ্ঠা 174)। হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির জন্য কিপ্‌-যন্ত্রের মধ্যের গোলকে ফেরাস সালফাইডের টুকরা লইয়া উপরের গোলকের ফানেল দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। মধ্য গোলকে অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসে এবং হাই-ড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল



চিত্র 90—কিপ্‌-যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

দিয়া বাহির হইয়া যায়। স্টপ-কক ঘুরাইয়া কিপ্-যন্ত্র হইতে প্রয়োজনানুযায়ী ও নিয়মিত পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের কিপ্-যন্ত্র প্রসঙ্গে ইহার বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে। 184-185 পৃষ্ঠা দেখ।

H_2S-কিপ্-যন্ত্রের ব্যয়িত তরল—H_2S-কিপের নীচের গোলকে যে তরল থাকে তাহা অবিশুদ্ধ ফেরাস সালফেট দ্রবণ। ফেরাস সালফাইড হইতে ল্যাবরেটরীর পদ্ধতিতেও এই তরল ফ্লাস্কে থাকে। তরল পদার্থটি ফিল্টার করিয়া পরিস্রুত তাপ-প্রয়োগে বাষ্পীভূত কর। পাত্রের গায়ে কঠিন পদার্থ জমা হইতে আরম্ভ করিলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ কর। উত্তপ্ত দ্রবণ ঠাণ্ডা হইলে ফেরাস সালফেটের কেলাস ($FeSO_4.7H_2O$) দ্রবণ হইতে পৃথক হয়। ফিলটার করিয়া কেলাসগুলি সংগ্রহ কর এবং পুনঃকেলাসন প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করিয়া শুষ্ক কর। এইরূপে ফেরাস সালফেট কেলাস উপজাতহিসাবে পাওয়া যায়।

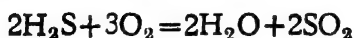
হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পচা ডিমের ন্যায় দুর্গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস।

(ii) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি বিষাক্ত এবং ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(iii) ইহা ঠাণ্ডা জলে কিছুটা দ্রাব্য, উষ্ণ জলে অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন সালফাইড অন্য পদার্থের দহনে সাহায্য করে না কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। পর্যাপ্ত বায়ুতে ইহা নীল শিখার সহিত জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও স্টীম উৎপন্ন করে।



$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$$

অপর্যাপ্ত বায়ুতে জ্বলিয়া ইহা স্টীম ও সালফার উৎপন্ন করে।

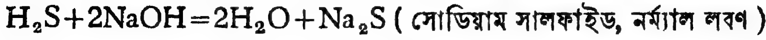


$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

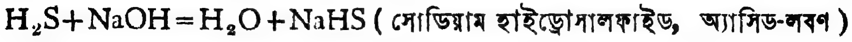
পরীক্ষা 11. 19. H_2S-কিপ্-যন্ত্রের নির্গম-নলের মুখে একটি লম্বা সূচল-মুখযুক্ত কাচ-নল লাগাও। কিপ্-যন্ত্রের স্টপ-কক খুলিয়া কাচ-নলের সূচল-মুখে গ্যাসটি জ্বালাও। নীলাভ শিখায় গ্যাস জ্বলিতে থাকে। একটি পোসেলিনের বাটি জ্বলন্ত শিখার মধ্যে কাচ-নলের সূচল-মুখের একেবারে কাছাকাছি ধর। বাটির বাহিরের গায়ে হলুদ কঠিন জমা হয়। ইহা সালফার। কারণ, ইহা বায়ুতে জ্বলিলে পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম**—হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

এই দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারের সহিত লবণ ও জল উৎপন্ন করে। ইহা দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড এবং ইহা অ্যাসিড লবণ ও নর্ম্যাল লবণ উৎপন্ন করে।



$H_2S+2NaOH=2H_2O+Na_2S$ (সোডিয়াম সালফাইড, নর্ম্যাল লবণ)



$H_2S+NaOH=H_2O+NaHS$ (সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইড, অ্যাসিড-লবণ)

ইহা অনেক ধাতুকে সালফাইড লবণে পরিণত করে।



$Sn+H_2S=H_2+SnS$ (স্ট্যানাস সালফাইড)



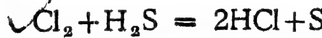
$Pb+H_2S=H_2+PbS$ (লেড সালফাইড)



$2Ag+H_2S=H_2+Ag_2S$ (সিলভার সালফাইড)

(3) **বিজারণ ধর্ম**—হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিজারক দ্রব্য। অন্য পদার্থ বিজারিত করিতে গিয়া ইহা নিজে সালফারে জারিত হয়। ইহা হইতে পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেনের অপসারণ ঘটে।

ক্লোরিন-জল, ব্রোমিন-জল এবং আয়োডিন মিশ্রিত জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে হ্যালোজেন মৌলগুলি বিজারিত হইয়া যথক্রমে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। হ্যালোজেন মৌলের সহিত পরা-তড়িৎবাহী হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটে। প্রতি ক্ষেত্রেই উহাদের বর্ণ চলিয়া যায় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Cl_2+H_2S = 2HCl+S$$

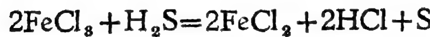


$$Br_2+H_2S = 2HBr+S$$



$$I_2+H_2S = 2HI+S$$

ইহা ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$$

এখানে $FeCl_3$-এর অপরা-তড়িৎবাহী ক্লোরিনের অনুপাত হ্রাস পাইয়া $FeCl_2$ হইয়াছে, অথবা আয়রনের পরা-যোজ্যতা 3 হইতে 2-এ হ্রাস পাইয়াছে। সুতরাং ইহা বিজারণ।

পরীক্ষা 11.20. একটি টেস্ট-টিউবে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লইয়া উহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত কর। দ্রবণের হলুদ বর্ণ চলিয়া যায় এবং সাদা সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে ইহা বর্ণহীন

করে। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস সালফেটে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5, O$$



$$5H_2S \quad + 5, O \quad = 5H_2O + 5S$$



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের হলুদ বর্ণের দ্রবণকে এই গ্যাস সবুজ করিয়া দেয়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ক্রোমিক সালফেটে বিজারিত হয় এবং সালফারের অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$K_2Cr_2O_7 \quad = K_2O + Cr_2O_3 + 3, O$$



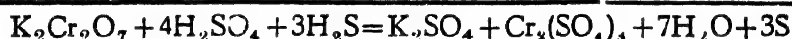
$$K_2O + H_2SO_4 \quad = K_2SO_4 + H_2O$$



$$Cr_2O_3 + 3H_2SO_4 \quad = Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

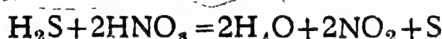


$$3H_2S + 3, O \quad = 3H_2O + 3S$$



$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়। সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হয়।



$$H_2S + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + S$$



$$H_2S + 8HNO_3 = 4H_2O + 8NO_2 + H_2SO_4$$

জলের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন সালফাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফারে বিজারিত করে। হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়াও সালফার উৎপন্ন হয়।



$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ডাই-অক্সাইডে এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে বিজারিত করে।



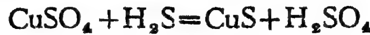
$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$



$$H_2O_2 + H_2S = 2H_2O + S$$

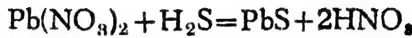
(4) **ধাতব সালফাইড উৎপাদন**—বিভিন্ন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন সালফাইড বিক্রিয়া করিয়া ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। এই সালফাইডগুলির বিশিষ্ট রঙ আছে এবং রঙের সাহায্যে ইহাদের সনাক্ত করা যায়।

পরীক্ষা 11.21. একটি টেস্ট টিউবে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে কিংবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ঐ দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত কর। কালো কপার সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



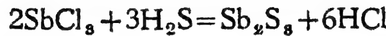
$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

পরীক্ষা 11.22. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত লেড নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত কর। কালো লেড সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



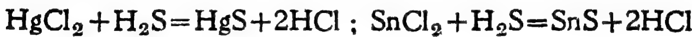
$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

পরীক্ষা 11.23. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত কর। কমলা রঙের অ্যান্টিমনি সালফাইডের অধঃক্ষেপ আসে।



$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

এইরূপে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত মারকিউরিক ক্লোরাইড ও স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে যথাক্রমে মারকিউরিক সালফাইড (কালো) এবং স্ট্যানাস সালফাইডের (বাদামী) অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$HgCl_2 + H_2S = HgS + 2HCl \; ; \; SnCl_2 + H_2S = SnS + 2HCl$$

লক্ষ্য কর, এই ধাতব সালফাইডগুলি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

পরীক্ষা 11.24. জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত কর। সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

ইহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাও—অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত কর। সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$ZnSO_4 + (NH_4)_2S = ZnS + (NH_4)_2SO_4$$

জিঙ্ক সালফাইড অ্যাসিডে দ্রাব্য কিন্তু ক্ষার দ্রবণে অদ্রাব্য।

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন

সালফাইড কালো ফেরাস সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। কিন্তু অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণে কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না।



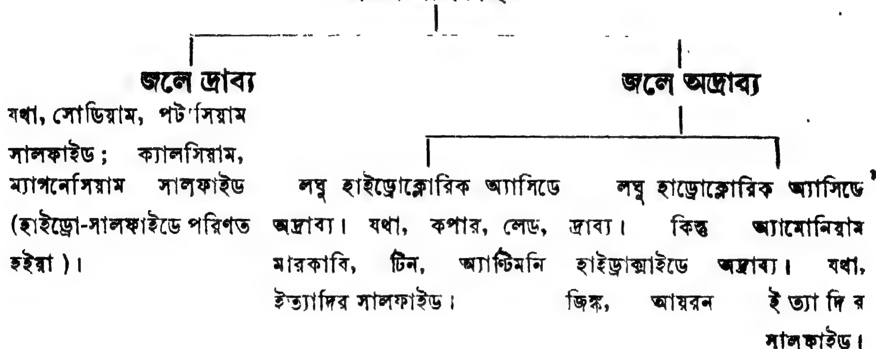
$$FeSO_4 + (NH_4)_2S = FeS + (NH_4)_2SO_4$$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সালফাইড জলে দ্রাব্য। ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য হাইড্রো-সালফাইডে পরিণত হয়। এজন্য ঐ লবণগুলির ক্ষেত্রে কোন অবস্থাতেই হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বারা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।



$$2CaS + 2H_2O = Ca(HS)_2 + Ca(OH)_2$$

সুতরাং, ধাতব সালফাইডগুলিকে নিম্নরূপে শ্রেণীবিভাগ করা যায়।



বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার

অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার খুব গুরুত্বপূর্ণ।

(1) ধাতব সালফাইডের বিশিষ্ট রঙ দেখিয়া অনেক ক্ষেত্রে ধাতুগুলি সনাক্ত করা সম্ভব। অ্যাসিডযুক্ত বা অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিয়া ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

কপার সালফাইড—কালো; অ্যান্টিমনি সালফাইড কমলা
জিঙ্ক সালফাইড—সাদা; টিন সালফাইড—বাদামী
আর্সেনিক সালফাইড—হলুদ

একাধিক সালফাইডের একই রঙ হইলে অবশ্য ইহা সম্ভব নহে। সেক্ষেত্রে অন্য বিক্রিয়ার সাহায্যে উহাদের সনাক্ত করা হয়।

মারকারি সালফাইড—কালো ; লেড সালফাইড—কালো
কপার সালফাইড—কালো ; ফেরাস সালফাইড—কালো ;
আর্সেনিক সালফাইড—হলুদ ; ক্যাডমিয়াম সালফাইড—হলুদ।

(2) জল, অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণে ধাতব সালফাইডের দ্রাব্যতা অনুসারে ধাতুগুলি নিম্নরূপে শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে। যথা—

(A) যেসব ধাতুব সালফাইড লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। যথা, লেড, কপার, মারকারি, টিন, অ্যান্টিমনি, আর্সেনিক ইত্যাদি।

(B) যেসব ধাতুব সালফাইড অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে অদ্রাব্য। যথা, জিঙ্ক, আয়রন, ম্যাঙ্গানিজ, কোবল্ট, নিকেল ইত্যাদি।

(C) যেসব ধাতুর সালফাইড জলে দ্রাব্য ; যথা, সোডিয়াম, পটাসিয়াম এবং যেসব ধাতুব সালফাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য লবণে পরিণত হয় ; যথা, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি।

(3) উপরের শ্রেণীবিভাগের উপর ভিত্তি করিয়া বিভিন্ন শ্রেণীর ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতব-মূলক পৃথক করা সম্ভব। কারণ—

অ্যাসিডযুক্ত মিশ্র লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে কেবলমাত্র "A" শ্রেণীভুক্ত ধাতুর সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কারণ, ইহারা অ্যাসিডে অদ্রাব্য। অন্য দুই শ্রেণীর ধাতব লবণ দ্রবণে থাকে। ফিলটার করিয়া অধঃক্ষেপ পৃথক করা হয়। পরিস্রুতে "B" ও "C" শ্রেণীর ধাতুর লবণ থাকে। এই দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইয়া হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে "B" শ্রেণীভুক্ত ধাতুর সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কারণ, ইহারা ক্ষার দ্রবণে অদ্রাব্য। ফিল্টার করিয়া অধঃক্ষেপ পৃথক করা হয়। পরিস্রুতে "C" শ্রেণীর ধাতব লবণ থাকে।

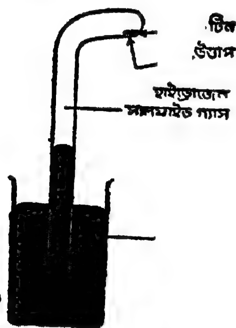
একটি উদাহরণের সাহায্যে ইহা সহজেই বুঝিতে পারিবে। মনে কর, কপার সালফেট (A শ্রেণীর ধাতুর লবণ), জিঙ্ক সালফেট (B শ্রেণীর ধাতুর লবণ) এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের (C শ্রেণীর ধাতুর লবণ) দ্রবণ মিশ্রিত আছে। এই মিশ্র দ্রবণ হইতে ধাতব-মূলক পৃথক করিতে হইবে।

মিশ্র-দ্রবণটিতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া গরম কর এবং উহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত কর। কপার সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। ফিলটার কর।

<table>
<tr><td rowspan="2">অবশেষ
কালো অধঃক্ষেপ—কপার সালফাইডের :
"A" শ্রেণীর ধাতু</td><td colspan="2">পরিস্রুত—পরিস্রুত ফুটাইয়া অতিরিক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড অপসারিত কর। দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইয়া ক্ষারীয় কর। ক্ষারীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পবিচালিত কর। জিঙ্ক সালফাইডেব সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ফিলটাব কব।</td></tr>
<tr><td>অবশেষ
সাদা অধঃক্ষেপ—জিঙ্ক সালফাইডের :
"B" শ্রেণীব ধাতু</td><td>পরিস্রুত—সোডিয়ামের লবণ দ্রবণে থাকে।
"C" শ্রেণীর ধাতু</td></tr>
</table>

হাইড্রোজেন সালফাইডের আয়তন-সংযুতি

পরীক্ষা 11. 25. একটি বাঁকা ইউডিয়োমিটার টিউব পারদে পূর্ণ করিয়া একটি পারদ-পাত্রের মধ্যে উপুড় করিয়া বসাও। পারদের অপসারণ দ্বারা কিছু বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস টিউবের মধ্যে সংগ্রহ কর। টিউবের অনুভূমিক অংশে এক টুকরা টিন প্রবেশ করাও। টিউবের ভিতরের ও বাহিরের পারদ-তল সমান করিয়া গ্যাসের আয়তন লক্ষ্য কর। বাহির হইতে টিন উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন সালফাইডের সালফারের সহিত টিন যুক্ত হইয়া টিন সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বিমুক্ত হয়। যন্ত্রটি ঘরের তাপমাত্র পর্যন্ত ঠাণ্ডা কর। পারদতল ঠিক করিয়া গ্যাসের আয়তন লক্ষ্য কর। দেখ, গ্যাসের আয়তন একই আছে। উৎপন্ন গ্যাস হাইড্রোজেন, কারণ বায়ুতে জ্বালাইলে ইহা নীল শিখাসহ জ্বলিয়া জল উৎপন্ন হয়।



চিত্র 91—হাইড্রোজেন সালফাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়

অতএব, **হাইড্রোজেন সালফাইডে উহার সমান আয়তনের হাইড্রোজেন আছে।**

আণবিক সংকেত

পরীক্ষা হইতে জানা যায়—

হাইড্রোজেন সালফাইডে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন আছে। অর্থাৎ, 1 আয়তন হাইড্রোজেন সালফাইডে 1 আয়তন হাইড্রোজেন আছে।

মনে কর, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে, একই চাপে ও তাপমাত্রায় সমায়তন গ্যাসে অণু-সংখ্যা সমান।

সুতরাং, n অণু হাইড্রোজেন সালফাইডে n অণু হাইড্রোজেন আছে,

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন সালফাইডে 1 অণু হাইড্রোজেন আছে,

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন সালফাইডে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

কারণ, হাইড্রোজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক।

সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডের সংকেত H_2S_x-রূপে লেখা যায় যেখানে x= হাইড্রোজেন সালফাইডের এক অণুতে সালফার পরমাণুর সংখ্যা।

হাইড্রোজেন সালফাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব ($H=1$) 17; সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব (2×17) বা 34।

অতএব, $H_2S_x=34$ বা, $2\times1+x\times32=34$

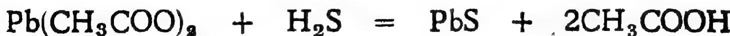
বা, $32x=32$ বা, $x=1$

সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডের আণবিক সংকেত, H_2S।

হাইড্রোজেন সালফাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) পচা ডিমের গন্ধ হইতে এই গ্যাসটি চিনিতে পারা যায়।

(ii) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের মধ্যে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ ধরিলে উহা কালো হয়। কালো লেড সালফাইড উৎপন্ন হয়।



$$Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = PbS + 2CH_3COOH$$

(iii) এই গ্যাস অ্যাসিড-মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের হলুদ দ্রবণকে সবুজ করিয়া দেয়।

সালফাইড লবণ (Sulphides)

হাইড্রোজেন সালফাইড অ্যাসিডধর্মী। ইহাকে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিডও

বলে। ইহার লবণকে সালফাইড বলে। ইহা দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড—নর্ম্যাল লবণের নাম সালফাইড এবং অ্যাসিড-লবণের নাম হাইড্রো-সালফাইড।

নর্ম্যাল লবণ	অ্যাসিড লবণ
Na_2S—সোডিয়াম সালফাইড	NaHS—সোডিয়াম হাইড্রো-সালফাইড
CaS—ক্যালসিয়াম সালফাইড	$Ca(HS)_2$—ক্যালসিয়াম হাইড্রো-সালফাইড

প্রস্তুতি—(i) ধাতু ও সালফার ওজনের সঠিক অনুপাতে উত্তপ্ত করিলে ধাতুর সালফাইড উৎপন্ন হয়।



$$Fe+S=FeS\ ; \quad Zn+S=ZnS$$

(ii) সালফেট লবণকে কার্বনের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া সালফাইড লবণ উৎপন্ন হয়।



$$Na_2SO_4+4C=Na_2S+4CO$$

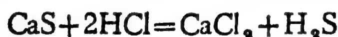


$$BaSO_4+4C=BaS+4CO$$

(iii) অ্যাসিডযুক্ত বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে অদ্রাব্য সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। 11.21. হইতে 11.24. নং পরীক্ষা দেখ।

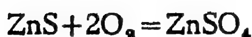
ধর্ম—(i) সালফাইড লবণের দ্রাব্যতা (জলে, অ্যাসিডে ও ক্ষার দ্রবণে) সম্পর্কে পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে।

(ii) সাধারণ তাপমাত্রায় বা উত্তপ্ত করিলে সালফাইডগুলি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গত করে।



$$CaS+2HCl=CaCl_2+H_2S$$

(iii) বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে সালফাইড জারিত হইয়া সালফেট বা অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$ZnS+2O_2=ZnSO_4$$



$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

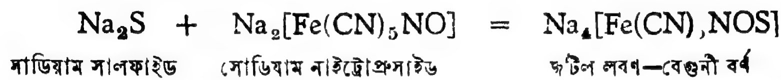
সালফাইডের পরিচায়ক পরীক্ষা

(i) সালফাইড লবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে (প্রয়োজন হইলে উত্তপ্ত করিতে হয়) পচা ডিমের গন্ধযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসে লেড অ্যাসিটেট কাগজ ধরিলে কালো হইয়া যায়।

কতকগুলি সালফাইডকে জিঙ্ক ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলেই কেবলমাত্র হাইড্রোজেন সালফাইড নির্গত হয়।

(ii) সালফাইডের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট মিশাইলে কালো সিলভার সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহা উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রাব্য।

(iii) সালফাইডের ক্ষারীয় দ্রবণে কয়েক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। একটি জটিল লবণ উৎপন্ন হয়।



$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] = Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

সোডিয়াম সালফাইড — সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড — জটিল লবণ—বেগুনী বর্ণ

অদ্রাব্য সালফাইডের ক্ষেত্রে ইহার সহিত চারিগুণ পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট এবং খানিকটা পাতিত জল মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটি ভাল করিয়া ফুটাইতে হয়। ফিল্টার করিয়া পরিস্রুতে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ মিশাইলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। বিপরিবর্ত-ক্রিয়ায় দ্রাব্য সোডিয়াম সালফাইড গঠিত হয়।



$$CaS + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2S$$

অবশেষ — পরিস্রুত

অনুশীলনী 11

1. সালফারের প্রধান উৎসগুলি উল্লেখ কর এবং দুইটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস হইতে সালফারের নিষ্কাশন বর্ণনা কর।

কিরূপে এবং কি শর্তে সালফার নিম্নের পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করে? (a) কষ্টিক সোডা, (b) আয়রন, (c) কোক, (d) ক্লোরিন এবং (e) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড।

1. Mention the principal sources of sulphur and describe the method of its extraction from two important sources.

How and under what conditions does sulphur react with (a) caustic soda, (b) iron, (c) coke, (d) chlorine and (e) conc. sulphuric acid?

2. সালফারের রূপভেদগুলির নাম কর এবং দেখাও যে উহারা একই মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। সালফারের ন্যায় একাধিক রূপে বর্তমান থাকে এইরূপ আরও দুইটি মৌলিক পদার্থের নাম কর।

2. Name the allotropic modifications of sulphur and show that they consist of one and the same element. Mention two other elements which, like sulphur, exist in more than one variety.

3. ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি লিখ। ইহার বিরঞ্জন-কার্য ব্যাখ্যা কর।

3. How is sulphur dioxide prepared in the laboratory? State its principal physical and chemical properties. Explain its bleaching action. [*H. S. Exam.*, *1960*]

4. ল্যাবরেটরীতে সালফার ডাই-অক্সাইড কিরূপে তৈয়ারী করা হয়? এই গ্যাসের চারিটি রাসায়নিক ধর্ম দেখাইয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর। কিরূপে ইহাকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করা হয়?

4. How is sulphur dioxide prepared in the laboratory? Briefly describe experiments to illustrate four important chemical properties of the gas. How is it oxidised to sulphur trioxide?
[*H. S. Exam.*, *1961* (*comp.*)]

5. শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড ল্যাবরেটরীতে কিরূপে প্রস্তুত করা হয় এবং সংগ্রহ করা হয়? নিম্নের পদার্থগুলির সহিত ইহার বিক্রিয়ায় কি ঘটে বর্ণনা কর। (a) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ, (b) ক্লোরিন-জল, (c) চুন-জল। কি পরিবর্তন ঘটে তাহা বল এবং সমীকরণ লিখ।

5. How is dry sulphur dioxide prepared and collected in the laboratory? Describe what happens when it reacts with (a) an aqueous solution of potassium permanganate, (b) chlorine water, (c) lime water. State the visible changes that occur and give equations. [*H. S. Exam*, *1964*]

6. সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। শিল্প-পদ্ধতিতে ইহাকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করিবার নীতি বর্ণনা কর। ক্লোরিনের এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন-ক্রিয়ার তুলনা কর।

6. Describe the preparation of dry sulphur dioxide from sulpuric acid. State the conditions for its oxidation to sulphur tri-oxide on a large scale. Contrast the bleaching actions of chlorine and sulphur dioxide. [*H. S. Exam.*, *1966*. (*comp*), *1970*]

7. সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারক দ্রব্যরূপে এবং জারক দ্রব্যরূপে কার্য করে। উদাহরণ দাও।

7. Sulpur dioxide acts as an oxidising agent and as a reducing agent. Give examples.

8. পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে—

(a) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে, (b) ইহাতে নিজ আয়তনের সম পরিমাণ অক্সিজেন আছে, (c) ইহা বিজারক দ্রব্য, (d) ইহা বিরঞ্জক দ্রব্য, (e) ইহা জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

8. Describe experiments to show that sulphur dioxide—

(a) contains sulpur, (b) contains its own volume of oxygen, (c) acts as a reducing agent, (d) acts as a bleaching agent, (e) is soluble in water and the solution is acidic.

9. (i) সালফার, (ii) সালফাইড খনিজ, (iii) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং (iv) সালফাইট লবণ হইতে কিরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়? বিক্রিয়ার শর্ত ও প্রকৃতি উল্লেখ কর। সমীকরণ লিখ।

9. How can you obtain sulphur dioxide from (i) sulphur, (ii) a sulphide mineral, (iii) sulphuric acid, (iv) a sulphite?

Give the conditions and state the nature of reactions with equations.

10. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত সালফার ডাই-অক্সাইড কিরূপে বিক্রিয়া করে তাহা সমীকরণ সহ লিখ।

(a) নাইট্রিক অ্যাসিড, (b) লেড ডাই-অক্সাইড, (c) সোডিয়াম কার্বনেট, (d) চুন-জল, (e) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, (f) ক্লোরিন-জল, (g) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, (h) হাইড্রোজেন সালফাইড দ্রবণ। [*H. S. 1970*]

10. State, with equations, how sulpur dioxide reacts with (a) nitric acid, (b) lead dioxide, (c) sodium carbonate, (d) lime water, (e) potassium permanganate solution, (f) chlorine water, (g) ferric chloride solution, (h) a solution of hydrogen sulphide.

11. লেড-চেম্বার পদ্ধতিতে কিরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়? রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর। যন্ত্রপাতির বর্ণনা কিংবা চিত্র অঙ্কনের প্রয়োজনীয়তা নাই। অ্যাসিডের ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

11. How is sulphuric acid prepared by the lead-chamber process ? Explain the chemical reactions involved. Description or sketch of the commercial plant is not required.

State the properties and uses of the acid. [*H. S. Exam. 1961*]

12. ল্যাবরেটরীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। কিরূপে অ্যাসিড বিশুদ্ধ করা হয় ? ইহার তিনটি ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

12. Describe the method of preparation of sulphuric acid in the laboratory. How is the acid purified ? Write what you know about the three important uses of sulphuric acid.

[*H. S. Exam., 1968*]

13. স্পর্শ পদ্ধতির সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করিবার আবশ্যকীয় শর্তগুলি কি কি ? শর্তগুলির কারণ উল্লেখ করিবার প্রয়োজন নাই। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে কিরূপে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায় ?

কিরূপে এবং কি অবস্থায় সালফিউরিক্ অ্যাসিড (a) কপারের সহিত এবং অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে ? এরূপ দুইটি গ্যাসের নাম কর যাহা শুষ্ক করিবার জন্য সালফিউরিক অ্যাসিড উপযুক্ত নহে। ইহার কারণ বল।

13. What are the essential conditions for the oxidation of sulphur dioxide to sulphur trioxide by the contact process ? Reasons for these conditions are not required. How is this sulphur trioxide converted into sulphuric acid ?

How and under what conditions, does sulphuric acid react with (a) copper, (b) oxalic acid ?

Mention two gases for which sulphuric acid is unsuitable as a drying agent and state reason. [*H. S. Exam., 1963 (comp.)*]

14. কিরূপে প্রমাণ করিবে—

(a) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য, (b) ইহা একটি জল-শোষক পদার্থ, (c) ইহা অ্যাসিড-ধর্মী, (d) হাইড্রোক্লোরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা ইহা কম উদ্বায়ী। সমীকরণ লিখ।

14. How would you show that sulphuric acid—

(a) is an oxidising agent, (b) a dehydrating agent, (c) has

acidic properties, (d) is less volatile than hydrochloric acid and nitric acid ?

Give equations in each case.

15. কিরূপে প্রমাণ করিবে যে সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন আছে ?

15. How would you prove that sulphuric acid contains hydrogen, sulphur and oxygen ?

16. সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য চেম্বার এবং স্পর্শ পদ্ধতির তুলনা কর।

16. Compare the chamber and the contact processes for the manufacture of sulphuric acid.

17. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া শর্ত ও সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

কার্বন, সালফার, জিঙ্ক, কপার, সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ব্রোমাইড, সোডিয়াম ফরমেট।

17. State, with equations and conditions, the action of sulphuric acid on the following substances—

carbon, sulphur, zinc, copper, sodium chloride, sodium bromide, sodium formate.

18. (i) একটি অধাতু, (ii) একটি ধাতু এবং (iii) একটি যৌগিক পদার্থের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্রিয়ার উদাহরণ দাও। প্রতিক্ষেত্রে দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও এবং ঐ বিক্রিয়াগুলিকে জারণ-ক্রিয়া মনে করিবার কারণ বল।

18. Illustrate the oxidising action of sulphuric acid on—

(i) a non-metal, (ii) a metal, and (iii) a compound.

Give two examples in each case and state why you regard those reactions as oxidation.

19. অ্যালাম কাহাকে বলে ? ফটকিরি বা পটাস অ্যালামের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

19. What are alums ? State the preparation, properties and uses of potash alum.

20. ল্যাবরেটরীতে ব্যবহারের জন্য সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন কিরূপে পাওয়া

যায় ? কিপ্‌স-যন্ত্রের চিত্র আঁক। কি শর্তে ইহা (a) অক্সিজেন ও (b) সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত ক্রিয়া করে এবং কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? ক্ষারকীয় মূলকের বিশ্লেষণে ইহা কিরূপ প্রয়োজনীয় তাহা বল।

20. How is sulphuretted hydrogen obtained for laboratory use? Give a sketch of the Kipp's apparatus. Under what conditions and with what results does it react with (a) oxygen, (b) sulphur dioxide? State how it is useful in qualitative analysis for basic radicals.

[*H. S. Exam.*, *1965* (*comp.*), *1967*, *'69* (*comp.*), *1971*]

21. শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড কিরূপে প্রস্তুত করিয়া কয়েকটি গ্যাসজারে সংগ্রহ করিবে ? প্রয়োজনমত গ্যাসটি পাইবার জন্য ল্যাবরেটরীতে যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহার চিত্র অঙ্কন কর। ল্যাবরেটরীর বিকারক হিসাবে ইহার ব্যবহার সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ।

21. How would you prepare and collect several jars of dry hydrogen sulphide? Sketch the apparatus that is used in the laboratory for obtaining a ready supply of the gas. Write a note on its use as a laboratory reagent. [*H. S. Exam.*, *1964* (*comp.*)]

22. ল্যাবরেটরীতে ব্যবহারের জন্য কিরূপে শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয় ? নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জলীয় দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং কি কি পরিবর্তন দেখা যায় বল। সমীকরণ লিখ। (a) ক্লোরিন, (b) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (c) লেড নাইট্রেট, (d) জিঙ্ক সালফেট।

22. How is dry hydrogen sulphide prepared for the laboratory use? Describe what products are formed and what visual changes are observed when the gas is passed into aqueous solutions of (a) chlorine, (b) potassium permanganate, (c) lead nitrate, (d) zinc sulphate. Give equations. [*H. S. Exam. 1966*]

23. কিরূপে প্রমাণ করিবে যে হাইড্রোজেন সালফাইডে (a) সালফার আছে, এবং (b) নিজ আয়তনের সমান আয়তন অক্সিজেন আছে ? হাইড্রোজেন সালফাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব (H=1) 17 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত কি ?

23. How would you show that hydrogen sulphide contains

(a) sulphur, and (b) its own volume of hydrogen ? The relative density (H=1) of hydrogen sulphide is 17. What is its molecular formula ?

24. ল্যাবরেটরীতে সর্বদা কিংবা মাঝে মাঝে প্রয়োজন অনুযায়ী হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাইবার জন্য একটি ব্যবস্থা বর্ণনা কর।

রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিকারক হিসাবে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার উদাহরণসহ বর্ণনা কর।

24. Describe an arrangement by which you can get a continuous or intermittent supply of hydrogen sulphide in the laboratory. [*Cal. I Sc.*]

State, with example, the usefulness of hydrogen sulphide as an analytical reagent. [*H. S. Exam.* 1963]

25. সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির জন্য যে কোন একটি পদ্ধতির বর্ণনা কর।

25. Give a brief account of any one method for the manufacture of sulphuric acid. [*H. S. Exam.* 1965]

26. একটি সাদা পাউডার সালফাইড, সালফাইট বা সালফেট লবণ হইতে পারে। পরীক্ষা করিয়া বল ঐ পাউডারটি কি। সমীকরণ লিখ।

সালফাইটের উপস্থিতিতে কার্বনেটের জন্য কিরূপে পরীক্ষা করিবে ?

26. A white powder might be a sulphide, a sulphite or a sulphate. Describe tests by which you could say what it is, giving the equations.

How would you test for a carbonate in presence of a sulphite ?

27. শতকরা সংযুক্তি নির্ণয় কর :—

(a) সোডিয়াম থায়োসালফেট, $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$

(b) চেম্বার-স্ফটিক, SO_2. (OH). O. NO

27. Calculate the percentage composition of :—

(a) sodium thiosulphate, $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$; (b) chamber crystals, SO_2. (OH) O. NO [Ans. (a) Na=18·54% ; S=25·81% ;

O=19·36% ; H_2O=36·29% (b) H=0·79% ; S=25·20% ; N=11·02% ; O=62·99%]

28. বর্ণহীন কেলাসিত একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা যায় যে

উহাতে শতকরা 44·8 ভাগ পটাসিয়াম, 18·4 ভাগ সালফার আছে। অবশিষ্ট অক্সিজেন। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত কি ?

28. A colourless crystalline compound on analysis was found to contain 44·8 per cent of potassium, 18·4 per cent of sulphur. The rest was oxygen. What is the empirical formula of the compound?
[*H. S. Exam. 1961* (comp.) ; Ans. K_2SO_4]

29. একটি যৌগিক পদার্থের শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ। উহার সরল সঙ্কেত কি ? কপার 25·39 ; সালফার 12·84 ; অক্সিজেন 25·67 ; জল 36·1।

29. A compound has the following percentage composition. What is its simplest formula ?
copper 25·39 ; sulphur 12·84 ; oxygen 25·67 ; water 36·1.
[Ans. $CuSO_4, 5H_2O$]

30. সালফার দুইটি অক্সাইড গঠন করে। নিম্নলিখিত উপাত্ত হইতে দেখাও যে উহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

	(a)	(b)
সালফার	2·143 গ্রাম	2·862 গ্রাম
অক্সিজেন	2·143 গ্রাম	4·293 গ্রাম

30. Sulphur forms two oxides, giving the following data on analysis. Show that the data conform to the law of multiple proportions.

	(a)	(b)
Sulphur	2·143 g.	2·862 g.
Oxygen	2·143 g.	4·293 g.

31. (a) প্রমাণ অবস্থায় 1·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইডে,
(b) প্রমাণ অবস্থায় 560 c.c. হাইড্রোজেন সালফাইডে, এবং
(c) 0·49 লিটার সালফিউরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8)-এ কত ওজনের সালফার আছে ?

31. How much sulphur is there in :
(a) 1·4 litres of sulphur dioxide at N. T. P.
(b) 560 c.c. of hydrogen sulphide at N. T. P.
(c) 0·49 litres of sulphuric acid of specific gravity 1·8 ?
[**Ans.** (a) 2 g. (b) 0·8 g. (c) 288 g]

অধ্যায় 12

সরল রাসায়নিক গণনা

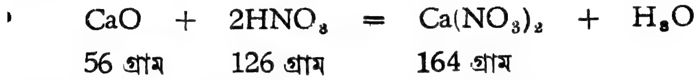
(Simple Chemical Calculations)

1. সমীকরণের সাহায্যে ওজন সংক্রান্ত গণনা—এই জাতীয় সরল রাসায়নিক গণনা নবম শ্রেণীর পুস্তকে (রসায়ন—প্রথম খণ্ড) আলোচনা করা হইয়াছে। পুনরালোচনার জন্য এখানে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

উদাহরণ 1. 60 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সহিত 100 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যত গ্রাম ক্যালসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ণয় কর।

Find the weight of calcium nitrate formed by treating 60 g. of calcium oxide with 100 g. of nitric acid. [H. S. Exam. 1967]

সমাধান—বিক্রিয়ার সমীকরণ :



$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

56 গ্রাম   126 গ্রাম   164 গ্রাম

56 গ্রাম CaO-র জন্য নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন 126 গ্রাম,

$\therefore$ 60 গ্রাম ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{126 \times 60}{56}$ বা 135 গ্রাম।

কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড আছে 100 গ্রাম। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিড সম্পূর্ণ ব্যবহৃত হইয়া যাইবে। অতএব, নাইট্রিক অ্যাসিডের ওজন লইয়া হিসাব করিতে হইবে।

126 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড লইলে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয় 164 গ্রাম,

$\therefore$ 100 গ্রাম ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{164 \times 100}{126}$ বা

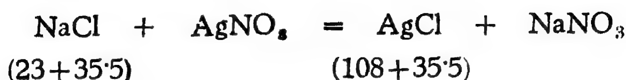
130·16 গ্রাম।

$\therefore$ নির্ণেয় ওজন = 130·16 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 2. একটি নমুনার সাধারণ লবণের 0·6 গ্রামের সহিত অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় 1·37 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ঐ সাধারণ লবণ শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ নির্ণয় কর।

0·6 g of a sample of common salt, when treated with excess of silver nitrate solution, gave 1·37 g. of silver chloride. Calculate the percentage of purity of the sample of common salt.

সমাধান—বিক্রীয়ার সমীকরণ :



$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3$$

(23+35·5)   (108+35·5)

বা 58·5 গ্রাম   বা 143·5 গ্রাম

143·5 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় 58·5 গ্রাম বিশুদ্ধ সাধারণ লবণ হইতে,

∴ 1·37 গ্রাম " " " " $\frac{58·5 \times 1·37}{143·5}$ বা 0·5586 গ্রাম বিশুদ্ধ সাধারণ লবণ হইতে।

সুতরাং, 0·6 গ্রাম প্রদত্ত সাধারণ লবণে বিশুদ্ধ লবণ = 0·5586 গ্রাম,

∴ 100 গ্রাম " " " " " $\frac{0·5586 \times 100}{0·6}$ বা 93·1 গ্রাম।

∴ বিশুদ্ধ লবণের শতকরা ভাগ = 93·1, উত্তর।

উদাহরণ 3. 15 গ্রাম কস্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করিতে যত কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন তাহা পাইতে হইলে কত ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিযোজিত করিতে হইবে ?

What weight of calcium carbonate should be decomposed by dilute hydrochloric acid to get sufficient amount of carbon dioxide for converting 15 g. of caustic soda into sodium carbonate ?

সমাধান—কস্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করিবার বিক্রিয়ার সমীকরণ—



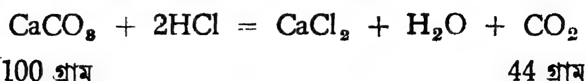
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

2×40 গ্রাম   44 গ্রাম

80 গ্রাম কস্টিক সোডার প্রয়োজন 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড,

∴ 15 গ্রাম কস্টিক সোডার প্রয়োজন $\frac{44 \times 15}{80}$ বা 8·25 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড।

কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্নের বিক্রিয়ার সমীকরণ—



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

100 গ্রাম 44 গ্রাম

44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে,

∴ 8·25 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় $\frac{100 \times 8{\cdot}25}{44}$ বা 18·75 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে।

∴ নির্ণেয় ওজন = 18·75 গ্রাম, উত্তর।

পদ্ধতি—

প্রথম সমীকরণ অনুসারে, 2 গ্রাম-অণু $NaOH \equiv 1$ গ্রাম-অণু CO_2

দ্বিতীয় সমীকরণ অনুসারে, 1 গ্রাম-অণু $CaCO_3 \equiv 1$ গ্রাম-অণু CO_2

∴ 2 গ্রাম-অণু $NaOH \equiv 1$ গ্রাম-অণু $CaCO_3$

বা, 2×40 গ্রাম $NaOH \equiv 100$ গ্রাম $CaCO_3$

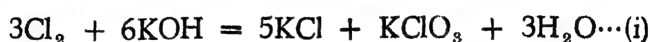
∴ 15 গ্রাম $NaOH \equiv \frac{100 \times 15}{2 \times 40} = 18{\cdot}75$ গ্রাম $CaCO_3$

উদাহরণ 4. 12 গ্রাম পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সম্পূর্ণরূপে ক্লোরেট ও ক্লোরাইডের মিশ্রণে পরিণত করিতে যত ক্লোরিন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কি পরিমাণ পাইরোলুসাইট এবং কি পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লাগিবে ? পাইরোলুসাইটে শতকরা 80 ভাগ MnO_2 আছে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে শতকরা 33 ভাগ HCl আছে।

How much pyrolusite (containing 80%pure MnO_2) and how much hydrochloric acid (33%) will be required to produce necessary amount of chlorine for converting 12 grams of potassium hydroxide completely into chlorate and chloride ?

সমাধান—ক্লোরেট ও ক্লোরাইড উৎপাদনের বিক্রিয়ার সমীকরণ—

$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O \cdots (i)$$

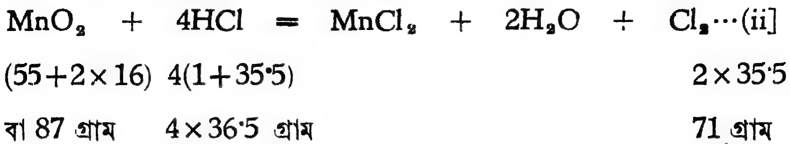


$3(2 \times 35{\cdot}5)$ $6(39+16+1)$

বা 3×71 গ্রাম 6×56 গ্রাম

6×56 গ্রাম KOH-এর সহিত বিক্রিয়ার জন্য ক্লোরিন প্রয়োজন 3×71 গ্রাম,

$\therefore$ 12 গ্রাম KOH-এর সহিত বিক্রিয়ার জন্য ক্লোরিন প্রয়োজন $\frac{3\times71\times12}{6\times56}$ গ্রাম। ক্লোরিন উৎপাদনের বিক্রিয়ার সমীকরণ—



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2 \cdots \text{(ii)}$$

$(55+2\times16)$ $4(1+35\cdot5)$ $2\times35\cdot5$

বা 87 গ্রাম $4\times36\cdot5$ গ্রাম 71 গ্রাম

71 গ্রাম ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য MnO_2 প্রয়োজন 87 গ্রাম এবং HCl প্রয়োজন $4\times36\cdot5$ গ্রাম,

$\therefore$ $\frac{3\times71\times12}{6\times56}$ গ্রাম ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য MnO_2 প্রয়োজন $\frac{87\times3\times71\times12}{71\times6\times56}$ গ্রাম এবং HCl প্রয়োজন $\frac{4\times36\cdot5\times3\times71\times12}{71\times6\times56}$ গ্রাম।

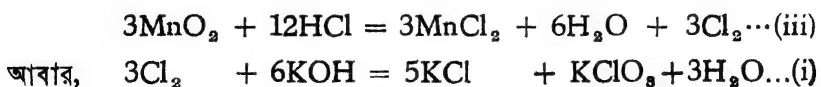
$\therefore$ MnO_2-এর ওজন $=\frac{87\times3\times71\times12}{71\times6\times56}$ গ্রাম $=9\cdot32$ গ্রাম,

এবং HCl-এর ওজন $=\frac{4\times36\cdot5\times3\times71\times12}{71\times6\times56}$ গ্রাম $=15\cdot64$ গ্রাম।

MnO_2 এবং HCl-এর ওজন নিম্নরূপেও হিসাব করা যায় :

(i) সমীকরণ অনুসারে, 6 গ্রাম-অণু KOH-এর জন্য 3 গ্রাম-অণু ক্লোরিন প্রয়োজন।

সুতরাং (ii) নং সমীকরণকে 3 দ্বারা গুণ করিয়া,



$$3MnO_2 + 12HCl = 3MnCl_2 + 6H_2O + 3Cl_2 \cdots \text{(iii)}$$

আবার, $$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O \ldots \text{(i)}$$

এই সমীকরণ দুইটি হইতে দেখা যায় যে, 6 গ্রাম-অণু KOH-এর সহিত বিক্রিয়ার জন্য 3 গ্রাম-অণু ক্লোরিন প্রয়োজন এবং 3 গ্রাম-অণু ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য 3 গ্রাম-অণু MnO_2 এবং 12 গ্রাম-অণু HCl প্রয়োজন। সুতরাং,

6 গ্রাম-অণু KOH $\equiv$ 3 গ্রাম-অণু ক্লোরিন $\equiv$ 3 গ্রাম-অণু MnO_2 এবং 12 গ্রাম-অণু HCl

$\therefore$ 6×56 গ্রাম KOH $\equiv 3\times87$ গ্রাম MnO_2 এবং $12\times36\cdot5$ গ্রাম HCl.

$\therefore$ 12 গ্রাম KOH$\equiv\frac{3\times87\times12}{6\times56}$বা 9·32 গ্রাম MnO, এবং

$\frac{12\times36·5\times12}{6\times56}$গ্রাম HCl বা 15·64 গ্রাম HCl.

এখন, 80 গ্রাম MnO_2 আছে 100 গ্রাম পাইরোলুসাইটে,

$\therefore$ 9·32 গ্রাম MnO_2 আছে $\frac{100\times9·32}{80}$বা 11·65 গ্রাম পাইরোলুসাইটে।

আবার, 33 গ্রাম HCl আছে 100 গ্রাম প্রদত্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে,

$\therefore$ 15·64 গ্রাম HCl আছে $\frac{100\times15·64}{33}$ বা 47·4 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে।

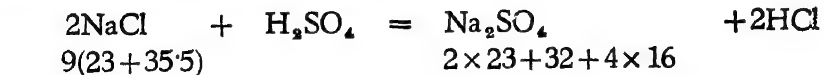
$\therefore$ নির্ণেয় পাইরোলুসাইটের ওজন=11·65 গ্রাম, এবং

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন=47·4 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 5. সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের 1·5 গ্রাম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তীব্র উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন সালফেট লবণের মিশ্রণের ওজন 1·798 গ্রাম হইলে মিশ্রণের সংযুতি কি ?

1·5 g. of a mixture of sodium chloride and potassium chloride is strongly heated with conc. sulphuric acid and the resulting mixture of sulphates weighs 1·798 g. What is the composition of the mixture ?

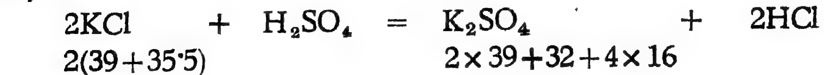
সমাধান—বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ—



$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$

9(23+35·5) $\quad$ $2\times23+32+4\times16$

বা, 117 $\quad$ বা, 142



$2KCl + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HCl$

2(39+35·5) $\quad$ $2\times39+32+4\times16$

বা, 149 $\quad$ বা, 174

মনে কর, মিশ্রণে x গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। সুতরাং পটাসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ, ($1·5-x$) গ্রাম।

117 গ্রাম NaCl হইতে Na_2SO_4 পাওয়া যায় 142 গ্রাম,

∴ x গ্রাম NaCl হইতে Na_2SO_4 পাওয়া যায় $\frac{142x}{117}$ গ্রাম।

সেইরূপ, (1·5—x) গ্রাম KCl হইতে K_2SO_4 পাওয়া যায়,

$\frac{174\times(1\cdot5-x)}{149}$ গ্রাম।

কিন্তু উৎপন্ন Na_2SO_4 এবং K_2SO_4-এর ওজন 1·798 গ্রাম।

$$\frac{142x}{117}+\frac{174(1\cdot5-x)}{149}=1\cdot798$$

বা, $149\times142x+117\times174(1\cdot5-x)=117\times149\times1\cdot798$

বা, $x=1$

সুতরাং NaCl-এর পরিমাণ=1 গ্রাম,

এবং KCl-এর পরিমাণ=(1·5—1)=0·5 গ্রাম।

∴ মিশ্রণে NaCl-এর শতকরা পরিমাণ $=\frac{1\times100}{1\cdot5}$ বা 66·67

এবং KCl-এর শতকরা পরিমাণ $=\frac{0\cdot5\times100}{1\cdot5}$ বা 33·33, উত্তর।

উদাহরণ 6. একটি নমুনার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·55) মাত্রা নির্ণয় করিবার জন্য এই অ্যাসিডের 10 c.c. লইয়া 7·5 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশান হইল। বিক্রিয়া শেষে দেখা গেল যে 2·664 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত আছে। ঐ অ্যাসিডের নমুনায় ওজন হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় কর।

In order to determine the strength of a sample of HCl of specific gravity 1·55, 10 c.c. of the acid were taken and added to 7·5 g. of calcium carbonate After all the reaction ceased, 2·664 g. of calcium carbonate were left undissolved. Calculate the percentage by weight of hydrochloric acid in the sample of the acid.

[*London Matric*]

সমাধান—

10 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন $=1\cdot55\times10=15\cdot5$ গ্রাম।

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত $CaCO_3$-এর ওজন $=7\cdot5-2\cdot664=4\cdot836$ গ্রাম।

বিক্রিয়ার সমীকরণ—



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

100 গ্রাম $\quad 2 \times 36 \cdot 5$ গ্রাম

100 গ্রাম $CaCO_3$-এর জন্য প্রয়োজন $2 \times 36 \cdot 5$ গ্রাম HCl

$\therefore$ 4·836 গ্রাম $CaCO_3$-এর জন্য HCl প্রয়োজন $\frac{2 \times 36 \cdot 5 \times 4 \cdot 836}{100}$

বা 3·53 গ্রাম HCl।

সুতরাং নমুনার 10 c.c. বা 15·5 গ্রাম অ্যাসিডে বিশুদ্ধ HCl আছে 3·53 গ্রাম।

$\therefore$ নমুনার 100 গ্রাম অ্যাসিডে বিশুদ্ধ HCl $= \frac{3 \cdot 53 \times 100}{15 \cdot 5}$ বা 22·77 গ্রাম।

$\therefore$ ওজন হিসাবে মাত্রা $= 22 \cdot 77\%$, উত্তর।

উদাহরণ 7. একটি ঘরের বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ স্থির করিবার জন্য 15°C তাপমাত্রায় ও 750 mm. চাপে ঐ ঘরের 100 লিটার বায়ু কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে পটাসের 1·0 গ্রাম ওজন বৃদ্ধি হইল। ঐ ঘরের বায়ুতে ওজন হিসাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মাত্রা স্থির কর।

[বায়ুর ঘনত্ব H=1) = 14·4]

The air in a room was tested for carbon dioxide by drawing 100 litres of it at 15°C and 750 mm. through caustic potash. The increase in weight of the potash was 1·0 g. Calculate the percentage by weight of CO_2 in the air of the room. Density of air (H=1)=14·4 [*H. S. Exam. 1966 Comp.*)]

সমাধান—প্রমাণ অবস্থায় ঐ বায়ুর আয়তন v লিটার হইলে,

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{100 \times 750}{288}$$

$$\text{বা } V = \frac{100 \times 750 \times 273}{760 \times 288} = 93 \cdot 54 \text{ লিটার।}$$

প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার বায়ুর ওজন = বায়ুর ঘনত্ব (H=1) $\times 0 \cdot 09$ গ্রাম $= 14 \cdot 4 \times 0 \cdot 09 = 1 \cdot 296$ গ্রাম।

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় 93·54 লিটার বায়ুর ওজন $= 93 \cdot 54 \times 1 \cdot 296$ গ্রাম $= 121 \cdot 228$ গ্রাম।

121·228 গ্রাম বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড কস্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হইয়াছে। আবার, কস্টিক পটাসের ওজন বৃদ্ধি = ঐ পরিমাণ বায়ুর মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ = 1·0 গ্রাম।

∴ 121·228 গ্রাম বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ = 1·0 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ $= \frac{1·0 \times 100}{121·228} = 0·824$ গ্রাম।

∴ ঘরের বায়ুতে ওজন হিসাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মাত্রা = 0·824%।

নিম্নে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব আসন্ন মানে দেওয়া হইল। অন্যরূপ উল্লেখ না থাকিলে পরবর্তী গণনার কার্যে পারমাণবিক গুরুত্বের এই মান ব্যবহার করিবে।

মৌলের সঙ্কেত	পারমাণবিক গুরুত্ব	মৌলের সঙ্কেত	পারমাণবিক গুরুত্ব
H	1	Mn	55
He	4	Fe	56
Li	7	Cu	63·5
C	14	Zn	65·3
O	16	As	75
F	19	Br	80
Na	23	Ag	108
Mg	24	Cd	112
Al	27	Sn	119
Si	28	I	127
P	31	Ba	137
S	32	Pt	195
Cl	35·5	Au	197
K	39	Hg	200
Ca	40	Pb	207
Cr	52	Ra	226

অনুশীলনী 12 (I)

1. 10 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড (i) অল্প তাপমাত্রায় এবং (ii) উচ্চ তাপমাত্রায় কত ওজনের সাধারণ লবণ বিযোজিত করিবে ?

1. What weight of common salt will 10 gram of pure sulphuric acid decompose at (i) moderate temperature and (ii) a higher temperature ? [Ans. (i) 5·97 g. (ii) 11·94 g.]

2. দুই লিটার সমুদ্রের জলে যে পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে তাহাকে সম্পূর্ণরূপে সোডিয়াম সালফেটে পরিণত করিতে কত ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন ? সমুদ্রের জলে ওজন হিসাবে শতকরা 3·42 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে এবং সমুদ্র-জলের ঘনত্ব 1·04।

2. What weight of sulphuric acid would be required to convert the sodium chloride from 2 litres of sea-water, completely into sodium sulphate ? Sea-water contains 3·42 per cent by weight of sodium chloride and its density is 1·04.

[Allahabad Inter. Ans 59 58 g.]

3. 107 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে যে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় তাহা প্রশমিত করিতে কত গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে ?

3. How much sulphuric acid would be required to neutralise the ammonia produced from 107 g. of ammonium chloride ?

[Ans. 98 g.]

4. 49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা কত গ্রাম লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে পাওয়া যাইবে ?

4. How much lead nitrate should be heated to yield as much oxyen as would be obtained from 49 gram of potassium chlorate ?

[Ans. 397·2 g.]


[সংকেত : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ ······(i)


$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$


বা, $6Pb(NO_3)_2 = 6PbO + 12NO_2 + 3O_2$ ······(ii)


∴ 2 গ্রাম-অণু $KClO_3$ ≡ 6 গ্রাম-অণু $Pb(NO_3)_2$


বা, $2 \times 122·5$ গ্রাম $KClO_3$ ≡ 6×331 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$


∴ 49 গ্রাম $KClO_3$ ≡ ?]

5. 5 গ্রাম কপার দ্রবীভূত করিতে যে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন তাহা ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করিতে কত পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন ?

5. How much potassium nitrate will be required to prepare sufficient nitric acid in the laboratory to dissolve 5 g. of copper ?

[Ans. 31·81 g.]

6. 5 গ্রাম শুষ্ক সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম শুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায় ?

6. How many grams of dry sodium carbonate can be obtained by heating 5 g. of dry sodium bicarbonate ? [Ans. 3·15 g.]

7. 10 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করিতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন তাহা উৎপাদনের জন্য কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে তীব্র উত্তপ্ত করিতে হইবে ?

7. Calculate the weight of calcium carbonate which should be strongly heated to produce sufficient carbon dioxide for the conversion of 10 g. of sodium hydroxide into sodium carbonate.

[Ans. 12·5 g.]

৪. সম পরিমাণে মিশ্রিত সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 10 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ ওজনের আর হ্রাস না হয়। কি পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় ?

8. 10 g. of a mixture of sodium carbonate and sodium bicarbonate in equal proportions by weight is heated until there is no more loss in weight. What weight of carbon dioxide is evolved ?

[Ans. 1·309 g.]

9. ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 1·84 গ্রাম লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ ইহার ওজনের আর হ্রাস না হয়। অবশেষের ওজন 0·96 গ্রাম। মিশ্রণের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

9. 1·84 g. of a mixture of calcium carbonate and magnesium carbonate are strongly heated till no further loss in weight takes place. The residue weighs 0·96 g. Calculate the percentage composition of the mixture.

[Ans. $CaCO_3 = 54·35\%$, $MgCO_3 = 45·65\%$]

10. কপার নাইট্রেট কেলাসের [$Cu(NO_3)_2$, $3H_2O$] যে ওজনে 21 গ্রাম নাইট্রোজেন আছে তাহাতে কত গ্রাম কপার থাকিবে ?

10. How much copper is present in that amount of copper nitrate crystals [$Cu(NO_3)_2$, $3H_2O$] which contains 21 g. of nitrogen ? [Ans. 47·625 g.]

11. 1 কিলোগ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2) হইতে কত কিলোগ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 পাওয়া যায় ? বিক্রিয়াগুলি নিম্ন সমীকরণ অনুসারে ঘটে।

11. How many kilograms of pure H_2SO_4 could be obtained from one kilogram of pure iron pyrites (FeS_2). The reactions occur as follows :

সমীকরণ (equation)—



$$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$



$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$



$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

[Ans. 1·63 kg.]

12. ইলেকট্রিক চুল্লীতে কার্বন ও বালির সহিত কত ওজনের $Ca_3(PO_4)_2$ উত্তপ্ত করিলে 1000 কিলোগ্রাম ফস্‌ফরাস পাওয়া যাইবে ?

12 How much $Ca_3(PO_4)_2$ must be heated with carbon and sand in an electric furnace to make 1000 kg. of phosphorus ? [Ans. 5000 kg.]

13. একটি নমুনার সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় করিবার জন্য উহার 10 গ্রাম লইয়া জল মিশাইয়া লঘু করা হইল। ঐ লঘু অ্যাসিডের সহিত 8 গ্রাম বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট মিশান হইল। বিক্রিয়া শেষ হইলে দেখা গেল যে 0 8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত রহিয়াছে। ঐ নমুনার অ্যাসিডে ওজন হিসাবে শতকরা কত ভাগ H_2SO_4 আছে ?

13. In order to find the strength of a sample of sulphuric acid 10 g. of it were diluted with water and to this diluted solution 8 g. of pure magnesium carbonate were added. When all the reaction had ceased, it was found that 0·8 g. of magnesium carbonate remained undissolved. Calculate the percentage of H_2SO_4 in the given sample. [Ans. 84%]

14. 4·35 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে অতিরিক্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল এবং নির্গত ক্লোরিনকে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন নির্গত হয় ?

14. 4·35 g. of manganese dioxide are heated with excess of conc. hydrochloric acid. The evolved chlorine is passed into potassium iodide solution. What weight of iodine is liberated ?

[Ans. 12·7 g.]

15. একটি রূপার মুদ্রার 1·164 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া ঐ দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া সমস্ত রূপাকে সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হইল। সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপের ওজন 1·44 গ্রাম। ঐ মুদ্রায় রূপার শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

15. 1·164 g. of a silver coin is dissolved in nitric acid. By adding sodium chloride to this solution the whole of silver is precipitated as silver chloride. The precipitate of silver chloride weighs 1·44 g. Determine the percentage of silver in the coin.

[Ans. 93·1%]

16. 2·9 কস্টিক সোডার শীতল ও লঘু দ্রবণে ক্লোরিন পরিচালনা করিলে যে প্রধান পদার্থটি উৎপন্ন হয় তাহার ওজন নির্ণয় কর।

16. Calculate the the weight of the chief product obtained by passing chlorine into a dilute and cold solution of caustic soda containing 2·9 g. of NaOH. [Cal. I. Sc.; Ans. 2·7 গ্রাম NaOCl]

17. ধাতব জিঙ্কের একটি নমুনায় জিঙ্ক অক্সাইড মিশ্রিত আছে। 1 গ্রাম ঐ নমুনার জিঙ্কের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 0·026 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ঐ নমুনায় বিশুদ্ধ জিঙ্কের শতকরা মাত্রা কত ?

17. 1 g of specimen of metallic zinc, containing zinc oxide, gave on treatment with dilute acid 0·026 g of hydrogen. What is the percentage of pure zinc in the specimen ? [Ans. 84·89%]

18. 1 গ্রাম সালফার এবং 1 গ্রাম কার্বনকে পৃথকভাবে অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। নির্গত সালফার ডাই-অক্সাইডের ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর।

18. 1 g. each of sulphur and carbon is separately heated with excess of strong H_2SO_4. Find the ratio of the weights of sulphur dioxide produced. [Ans. 9:16]

19. 1 গ্রাম আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করিতে কত গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন ?

19. 1 g. of iron is converted into ferric chloride and the product is dissolved in water. How many grams of sulphur dioxide are required to reduce this ferric chloride completely into ferrous chloride ? [Ans. 0·571 g.]

II. সমীকরণের সাহায্যে ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা

(1) রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশিত বিক্রিয়াগুলি প্রমাণ অবস্থায় (N. T. P.) অর্থাৎ 0° সেন্টিগ্রেডে এবং 760 মিলিমিটার চাপে ঘটে বলিয়া ধরা হয়।

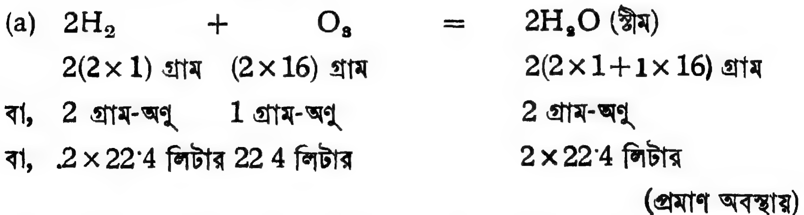
(2) প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার।

(3) গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটাবে বা c.c.-তে প্রকাশ হয়।

(4) $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$ এই সমীকরণের সাহায্যে কোন পরিমাণ গ্যাসের আয়তনকে এক অবস্থা হইতে অপর কোন এক অবস্থায় পরিবর্তিত করা হয়।

(5) প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন=0·089 গ্রাম।

নিম্নের সমীকরণ দুইটি লক্ষ্য কর—



(a) $2H_2$ + O_2 = $2H_2O$ (ষ্টীম)

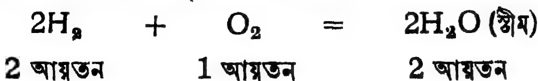
2(2×1) গ্রাম (2×16) গ্রাম 2(2×1+1×16) গ্রাম

বা, 2 গ্রাম-অণু 1 গ্রাম-অণু 2 গ্রাম-অণু

বা, 2×22·4 লিটার 22·4 লিটার 2×22·4 লিটার

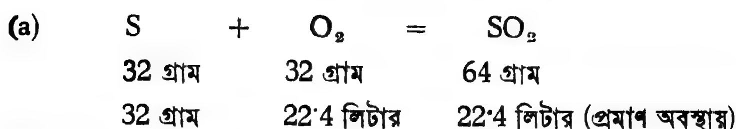
(প্রমাণ অবস্থায়)

কারণ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার। এই আয়তনকে 1 ধরিয়া তুলনামূলকভাবে নিম্নরূপে আয়তন প্রকাশ করা যায়—



$2H_2$ + O_2 = $2H_2O$ (ষ্টীম)

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন



(a) $S + O_2 = SO_2$

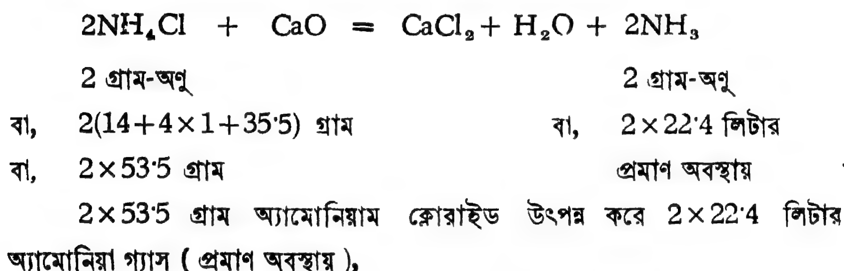
32 গ্রাম 32 গ্রাম 64 গ্রাম

32 গ্রাম 22·4 লিটার 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

উদাহরণ 1. 30 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত অতিরিক্ত চুন মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হইবে ?

What volume of ammonia gas at N. T. P. will be formed by heating 30 grams of ammonium chloride with excess of lime ?

সমাধান—অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্নের বিক্রিয়ার সমীকরণ,



$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

2 গ্রাম-অণু 2 গ্রাম-অণু

বা, $2(14+4\times1+35{\cdot}5)$ গ্রাম বা, $2\times22{\cdot}4$ লিটার

বা, $2\times53{\cdot}5$ গ্রাম প্রমাণ অবস্থায়

$2\times53{\cdot}5$ গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে $2\times22{\cdot}4$ লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস (প্রমাণ অবস্থায়),

$\therefore$ 30 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে $\dfrac{2\times22{\cdot}4\times30}{2\times53{\cdot}5}$ বা

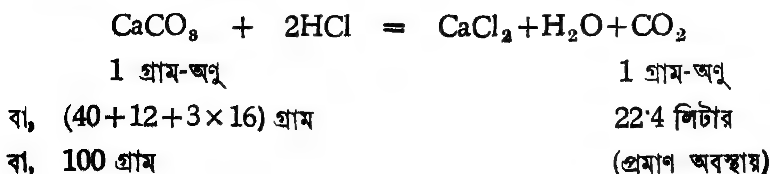
12·56 লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস (প্রমাণ অবস্থায়)

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় নির্ণেয় আয়তন $=12{\cdot}56$ লিটার, উত্তর ।

উদাহরণ 2. কত ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেট লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় ?

What weight of calcium carbonate is to be dissolved in dil. hydrochloric acid to produce 10 litres of carbon dioxide at N. T. P. ?

সমাধান—বিক্রিয়ার সমীকরণ,



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

1 গ্রাম-অণু 1 গ্রাম-অণু

বা, $(40+12+3\times16)$ গ্রাম 22·4 লিটার

বা, 100 গ্রাম (প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন 100 গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটাব কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন $\frac{100 \times 10}{22 \cdot 4}$ বা 44·64 গ্রাম।

∴ নির্ণেয় ওজন = 44·64 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 3. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে 1·634 গ্রাম জিঙ্ক দ্রবীভূত করিলে 12° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এবং 750 মিলিমিটার চাপে কত আয়তনেব হাইড্রোজেন নির্গত হয়?

What volume of hydrogen, measured at 12°C and 750 mm pressure is evolved by dissolving 1·634 g of zinc in dilute sulphuric acid?

সমাধান—বিক্রিয়ার সমীকবণ,



$$Zn + H_2SO_4 - ZnSO_4 + H_2$$

1 গ্রাম-পরমাণু — 1 গ্রাম-অণু

65 38 গাম — 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

65·38 গ্রাম জিঙ্ক অ্যাসিড হইতে নির্গত করে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ অবস্থায়)

∴ 1·634 গ্রাম জিঙ্ক অ্যাসিড হইতে নির্গত করে $\frac{22 \cdot 4 \times 1 \cdot 634}{65 \cdot 38}$ বা 0·56 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ অবস্থায়)।

মনে কর, প্রমাণ অবস্থায় 0 56 লিটারেব আয়তন 12° সেন্টিগ্রেডে এবং 750 mm চাপে V লিটাব।

$$\text{সুতরাং, } \frac{750 \times V}{12 + 273} = \frac{760 \times 0 \cdot 56}{273}$$

$$\text{বা, } \frac{750 \times V}{285} \quad \frac{760 \times 0 \cdot 56}{273}$$

$$\text{বা, } V = \frac{760 \times 0 \cdot 56 \times 285}{750 \times 273} = 0 \cdot 5923 \text{ লিটার।}$$

∴ নির্ণেয় আয়তন = 0·5923 লিটার, উত্তর।

উদাহরণ 4. 27° সেন্টিগ্রেডে এবং 750 মিলিমিটার চাপে 3·04 লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে যে পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিতে হইবে তাহার ওজন নির্ণয় কর। কত ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হইবে ?

Calculate the weight of potassium chlorate which on heating will liberate 3·04 litres of oxygen at 27°C and 750 mm. pressure.
[*H. S. Exam.*, 1960]

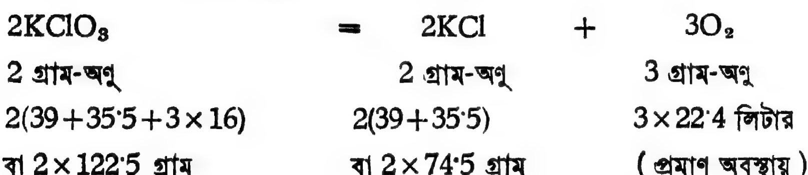
How much potassium chloride will be formed ?

সমাধান—

মনে কর, 27°C এবং 750 mm. বায়ুচাপে 3·04 লিটার অক্সিজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন V লিটার।

সুতরাং, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 3{\cdot}04}{273+27}$ বা, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 3{\cdot}04}{300}$

বা, $V = \frac{750 \times 3{\cdot}04 \times 273}{760 \times 300} = 2{\cdot}73$ লিটার।



$2KClO_3$	=	$2KCl$	+	$3O_2$
2 গ্রাম-অণু		2 গ্রাম-অণু		3 গ্রাম-অণু
$2(39+35{\cdot}5+3\times16)$		$2(39+35{\cdot}5)$		$3\times22{\cdot}4$ লিটার
বা $2\times122{\cdot}5$ গ্রাম		বা $2\times74{\cdot}5$ গ্রাম		(প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায় $3\times22{\cdot}4$ লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হয় $2\times122{\cdot}5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 2·73 লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হয়

$\frac{2\times122{\cdot}5\times2{\cdot}73}{3\times22{\cdot}4}$ বা 9·953 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে।

$2\times122{\cdot}5$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় $2\times74{\cdot}5$ গ্রাম,

∴ 9·953 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়

$\frac{2\times74{\cdot}5\times9{\cdot}953}{2\times122{\cdot}5}$ বা 6·053 গ্রাম।

সুতরাং পটাসিয়াম ক্লোরেটের ওজন = 9·953 গ্রাম, এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন = 6·053 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 5. একটি লবণের শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ। উহার সরলতম সঙ্কেত নির্ণয় কর।

Na=27·38, H=1·19, C=14·29, O=57·40

এই লবণটির 2·1 গ্রাম পরিমাণ লইয়া তীব্র উত্তপ্ত করা হইল। 27° সেন্টিগ্রেডে এবং 760 মিলিমিটার চাপে কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়? অবশিষ্ট কঠিন পদার্থের ওজন কত?

A salt has the following percentage composition. Find its simplest formula.

Na=27·38, H=1·19, C=14·29, O=57·40

2·1 gram of this salt is strongly heated. What is the volume of carbon dioxide evolved at 27°C and 760 mm. pressure, and what is the weight of the solid residue? [H. S. Exam., 1965]

সমাধান—পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে

Na = 27·38 ÷ 23 = 1·19
H = 1·19 ÷ 1 = 1·19
C = 14·29 ÷ 12 = 1·19
O = 57·40 ÷ 16 = 3·59

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া

Na = 1·19 ÷ 1·19 = 1
H = 1·19 1·19 = 1
C = 1·19 ÷ 1·19 = 1
O = 3·59 ÷ 1·19 = 3

সুতরাং পরমাণু সংখ্যার অনুপাত, Na : H : C : O= 1 : 1 : 1 : 3

অতএব, যৌগটির সরলতম সঙ্কেত = $NaHCO_3$. যৌগটির আণবিক গুরুত্ব দেওয়া নাই ; সরলতম সঙ্কেতকেই আণবিক সঙ্কেতরূপে ধরা হইয়াছে।

এই লবণকে উত্তপ্ত করিলে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে।



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

2 গ্রাম-অণু 1 গ্রাম-অণু 1 গ্রাম-অণু

বা 2×84 গ্রাম 106 গ্রাম 22·4 লিটার

প্রমাণ অবস্থায়

2×84 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে CO_2 উৎপন্ন হয় 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

$\therefore$ 2·1 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে CO_2 উৎপন্ন হয় $\frac{22 \cdot 4 \times 2 \cdot 1}{2 \times 84}$ বা 0·28 লিটার

(প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায় 0·28 লিটার 27° সেন্টিগ্রেডে এবং 760 মিলিলিটার চাপে V লিটার হইলে,

$$\frac{0 \cdot 28 \times 760}{273} = \frac{V \times 760}{300}$$

বা, $V = \frac{0 \cdot 28 \times 760 \times 300}{273 \times 760} = 0 \cdot 3077$ লিটার

আবার,

2×84 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে প্রাপ্ত কঠিন অবশেষ (Na_2CO_3)-এর ওজন 106 গ্রাম,

$\therefore$ 2·1 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে প্রাপ্ত কঠিন অবশেষের ওজন

$\frac{106 \times 2 \cdot 1}{2 \times 84}$ বা 1·325 গ্রাম।

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন $= 0 \cdot 3077$ লিটার, এবং

অবশিষ্ট কঠিন পদার্থের ওজন $= 1 \cdot 325$ গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 6. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কি পরিমাণ কপার উত্তপ্ত করিলে 27° সেন্টিগ্রেডে এবং 750 mm. চাপে 50 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় ?

ঐ পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কত বিশুদ্ধ সালফার বায়ুতে পোড়ান দরকার ?

What weight of copper must be boiled with conc, sulphuric acid to give 50 c.c. of sulphur dioxide at 27°C and 750 mm. pressure. [H. S. Exam., 1962]

How much pure sulphur should be burnt in air to get the same quantity of sulphur dioxide ?

সমাধান—27°C এবং 750 mm. চাপে 50 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড প্রমাণ অবস্থায় V c.c. হইলে,

$$\therefore \frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 50}{273+27} \text{ বা } \frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 50}{300}$$

$$V = \frac{273 \times 750 \times 50}{760 \times 300} = 44{\cdot}9 \text{ c.c}$$



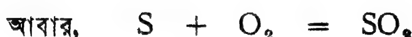
$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$ 22·4 লিটার

63·5 গ্রাম বা 22400 c.c. প্রমাণ অবস্থায়

22400 c.c SO_2 প্রস্তুতির জন্য কপার প্রয়োজন 63·5 গ্রাম,

$\therefore$ 44·9 c.c. SO_2 প্রস্তুতির জন্য কপার প্রয়োজন $\frac{63{\cdot}5 \times 44{\cdot}9}{22400}$

বা 0·1272 গ্রাম।



আবার, $S + O_2 = SO_2$

32 গ্রাম 22400 c.c. (প্রমাণ অবস্থায়)

22400 c.c. SO_2 পাওয়া যায় 32 গ্রাম সালফার হইতে,

$\therefore$ 44·9 c.c. SO_2 পাওয়া যায় $\frac{32 \times 44{\cdot}9}{22400}$ বা 0·0641 গ্রাম সালফার হইতে।

$\therefore$ কপারের ওজন = 0·1272 গ্রাম এবং সালফারের ওজন = 0·0641 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 7. লেড নাইট্রেটের একটি দ্রবণে প্রতি 100 c.c.-তে 1·20 গ্রাম লেড নাইট্রেট আছে। ঐ দ্রবণের 500 c.c. হইতে সমস্ত লেডকে লেড সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের হাইড্রোজেন সালফাইড প্রয়োজন ?

ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড কত ওজনের ফেরাস সালফাইড হইতে পাওয়া যাইবে ?

What volume of hydrogen sulphide, at standard conditions, is required to precipitate lead sulphide completely from 500 c.c. of a solution containing 1·20 grams of lead nitrate per 100 c.c. of the solution ?

How much ferrous sulphide is required for getting the above quantity of hydrogen sulphide ?

সমাধান—

100 c.c. দ্রবণে লেড নাইট্রেট আছে 1·20 গ্রাম,

∴ 500 c.c. দ্রবণে লেড নাইট্রেট আছে (1·20 × 5) বা 6·00 গ্রাম।



$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

331 গ্রাম 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

331 গ্রাম লেড নাইট্রেটের জন্য H_2S প্রয়োজন 22·4 লিটার,

∴ 6 গ্রাম লেড নাইট্রেটের জন্য H_2S প্রয়োজন $\frac{22{\cdot}4 \times 6}{331}$ বা 0·406 লিটার।



আবার, $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$

(55·8 + 32) গ্রাম 22·4 লিটার

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার H_2S পাওয়া যায় 87·8 গ্রাম FeS হইতে,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 0·406 লিটার H_2S পাওয়া যায় $\frac{87{\cdot}8 \times 0{\cdot}406}{22{\cdot}4}$ বা 1·591 গ্রাম FeS হইতে।

∴ H_2S-এর আয়তন = 0·406 লিটার বা 406 c.c. এবং
FeS-এর ওজন = 1·591 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 8. একটি নমুনার জিঙ্কের মধ্যে জিঙ্ক অক্সাইড অবিশুদ্ধিরূপে মিশ্রিত আছে। ঐ জিঙ্কের 1 গ্রাম লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে মিশাইলে 50° সেন্টিগ্রেডে এবং 755 মিলিমিটার চাপে 130 c.c. শুষ্ক হাইড্রোজেন নির্গত হয়। ঐ অবিশুদ্ধ জিঙ্কের নমুনায় বিশুদ্ধ জিঙ্কের মাত্রা নির্ণয় কর।

1 g. of zinc containing zinc oxide as impurity gave on treatment with dilute hydrochloric acid 130 c.c. of dry hydrogen at 50°C and 755 mm. pressure. Calculate the percentage of zinc in the impure specimen. [*London Matric*]

সমাধান—

জিঙ্কের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় কিন্তু জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না।

50°C ও 755 mm. চাপে 130 c.c. হাইড্রোজেনের আয়তন যদি প্রমাণ অবস্থায় V c.c. হয়, তবে

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{755 \times 130}{50 + 273} \text{ বা, } \frac{760 \times V}{273} = \frac{755 \times 130}{323}$$

বা, $$V = \frac{755 \times 130 \times 273}{760 \times 323} = 109{\cdot}15 \text{ c.c.}$$



$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

65·3 গ্রাম 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার বা 22400 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় 65·3 গ্রাম জিঙ্ক হইতে,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 109·15 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়

$$\frac{65{\cdot}3 \times 109{\cdot}15}{22400}$$ বা 0·3182 গ্রাম জিঙ্ক হইতে।

সুতরাং 1 গ্রাম নমুনার মধ্যে বিশুদ্ধ জিঙ্কের পরিমাণ = 0·3182 গ্রাম।

∴ নমুনাটিতে জিঙ্কের শতকরা মাত্রা = 0·3182 × 100 = 31·82, উত্তর।

উদাহরণ 9. 100 c.c. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 4 লিটার অক্সিজেন নির্গত হয়। (i) শতকরা মাত্রা, এবং (ii) আয়তন-মাত্রা হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

100 c.c. of an aqueous solution of hydrogen peroxide, on being heated evolved 4 litres of oxygen at N.T.P. Calculate the strength of the hydrogen peroxide solution in terms of (i) percentage and (ii) volume strength.

সমাধান—



$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

$2(2 \times 1 + 2 \times 16)$ 22·4 লিটার

বা 2 × 34 গ্রাম (প্রমাণ অবস্থায়)

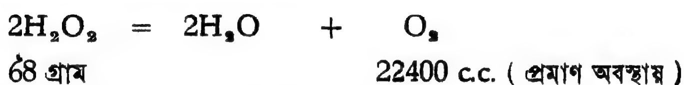
প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হয় 2 × 34 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 4 লিটার ,, ,, $\frac{2 \times 34 \times 4}{22{\cdot}4}$ বা 12·14 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে।

12·14 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আছে 100 c.c দ্রবণে,

∴ দ্রবণের শতকরা মাত্রা = 12·14, উত্তর।

শতকরা মাত্রা ব্যতীত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে "আয়তন-মাত্রা" (volume strength)-রূপে প্রকাশ করা হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে কোন আয়তন হইতে প্রমাণ অবস্থায় উহার যতগুণ আয়তনের অক্সিজেন নির্গত হয় দ্রবণটি তত 'আয়তন-মাত্রা' বিশিষ্ট। 10 আয়তন (10-volume) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের অর্থ, ঐ দ্রবণের 1 আয়তন হইতে প্রমাণ অবস্থায় 10 আয়তন অক্সিজেন নির্গত হয়। দ্রবণের শতকরা মাত্রা জানা থাকিলে উহাকে নীচের মত আয়তন-মাত্রায় পরিণত করা যায়।



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

68 গ্রাম 22400 c.c. (প্রমাণ অবস্থায়)

68 গ্রাম H_2O_2 উৎপন্ন করে 22400 c.c. অক্সিজেন (প্রমাণ অবস্থায়)

∴ 1 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{22400}{68}$ বা 329·4 c.c. অক্সিজেন।

মনে কর, 1 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 100 c.c. করা হইল।

সুতরাং 100 c.c. 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ উৎপন্ন করে 329·4 c.c. অক্সিজেন (প্রমাণ অবস্থায়)।

∴ 1 c.c. 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ উৎপন্ন করে 3·294 c.c. অক্সিজেন (প্রমাণ অবস্থায়)।

সুতরাং 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ = 3·294 "আয়তন-মাত্রা" বিশিষ্ট।

∴ 12·14% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের মাত্রা = 3·294 × 12·14

বা 39·986 আয়তন-মাত্রাবিশিষ্ট।

উদাহরণ 10. 12·25 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা 5 গ্রাম বিশুদ্ধ, শুষ্ক ও উত্তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে কার্বনের কিয়দংশ পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। 27° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এবং 75 সেন্টিমিটার চাপে কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছিল এবং অবশিষ্ট কার্বনের ওজন কত ?

Oxygen obtained by heating 12·25 g. of potassium chlorate is passed over 5·00g. of pure, dry and heated carbon. A part of carbon burns to carbon dioxide. What is the volume of this CO_2 formed at 27°C and 75 cm., and what is the weight of residual carbon ? (K=39, Cl=35·5, O=16) [H. S. Exam., 1963]



সমাধান$=2KClO_3 \;=\; 2KCl+3O_2$

245 $\qquad\qquad$ $3\times22{\cdot}4$ লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় $3\times22{\cdot}4$ লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

$\therefore$ 12·25 গ্রাম $KClO_3$ হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় $\dfrac{3\times22{\cdot}4\times12{\cdot}25}{245}$ বা 3·36 লিটার।



$C \;+\; O_2 \;=\; CO_2$

12 গ্রাম $\qquad$ 22·4 লিটার $\qquad$ 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

22·4 লিটার অক্সিজেনের জন্য কার্বন প্রয়োজন 12 গ্রাম,

$\therefore$ 3·36 লিটার অক্সিজেনের জন্য কার্বন প্রয়োজন $\dfrac{12\times3{\cdot}36}{22{\cdot}4}$ বা 1·8 গ্রাম।

সুতরাং অবশিষ্ট কার্বনের ওজন$=(5-1{\cdot}8)$ গ্রাম$=3{\cdot}2$ গ্রাম। এই বিক্রিয়ায় অক্সিজেন নিঃশেষ হইয়া যায় এবং কার্বন অতিরিক্ত থাকে। সুতরাং অক্সিজেনের আয়তন লইয়া উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ হিসাব করিতে হইবে।

22·4 লিটার অক্সিজেন হইতে CO_2 উৎপন্ন হয় 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

$\therefore$ 3·36 লিটার অক্সিজেন হইতে CO_2 উৎপন্ন হয় 3·36 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

মনে কর, প্রমাণ অবস্থায় 3·36 লিটার 27° সেন্টিগ্রেডে এবং 75 সেন্টিমিটার চাপে V লিটার হয়।

$$\therefore \frac{V\times75}{273+27}=\frac{3{\cdot}36\times76}{273}$$

বা $V=\dfrac{300\times3{\cdot}36\times76}{75\times273}=3{\cdot}741$ লিটার।

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন$=3{\cdot}741$ লিটার এবং অবশিষ্ট কার্বনের ওজন$=3{\cdot}2$ গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 11 5 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরেট তৈয়ারির জন্য 14° সেন্টিগ্রেডে এবং 780 mm. চাপে কত আয়তনের ক্লোরিন এবং কত ওজনের কষ্টিক সোডা প্রয়োজন ? ঐ আয়তনের ক্লোরিন তৈয়ারির জন্য কি পরিমাণ বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিতে হইবে ?

What volume of chlorine at 14°C and 780 mm. pressure and what weight of caustic soda are required for the production of 5 g. sodium chlorate ? How much pure manganese dioxide is to be heated with conc. hydrochloric acid to produce the requisite quantity of chlorine ?

সমাধান—সোডিয়াম ক্লোরেট উৎপাদনের বিক্রিয়ার সমীকরণ—



$$3Cl_2 + 6NaOH = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$

$3\times 22{\cdot}4$ লিটার	$6(23+16+1)$	$23+35{\cdot}5+3\times 16$
(প্রমাণ অবস্থায়)	বা 6×40	বা $106{\cdot}5$

$106{\cdot}5$ গ্রাম $NaClO_3$ উৎপাদনের জন্য প্রমাণ অবস্থায় ক্লোরিন প্রয়োজন $3\times 22{\cdot}4$ লিটার,

∴ 5 গ্রাম $NaClO_3$ উৎপাদনের জন্য প্রমাণ অবস্থায় ক্লোরিন প্রয়োজন

$$\frac{3\times 22{\cdot}4\times 5}{106{\cdot}5} \text{ বা } 3{\cdot}155 \text{ লিটার।}$$

14°C এবং 780 mm. চাপে এই আয়তন ক্লোরিনের আয়তন V হইলে,

$$\frac{780\times V}{273+14}=\frac{760\times 3{\cdot}155}{273}$$

বা $$V=\frac{760\times 3{\cdot}155\times 287}{780\times 273}=3{\cdot}2317$$

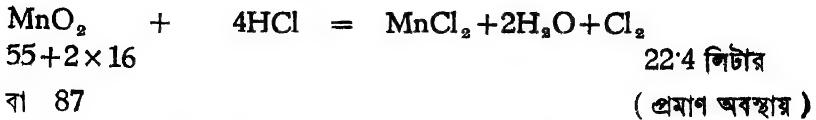
সুতরাং ক্লোরিনের নির্ণেয় আয়তন $=3{\cdot}2317$ লিটার, উত্তর।

$106{\cdot}5$ গ্রাম $NaClO_3$ উৎপাদনের জন্য কষ্টিক সোডা প্রয়োজন 6×40 গ্রাম,

∴ 5 গ্রাম " " " " " " $\frac{6\times 40\times 5}{106{\cdot}5}$

বা $11{\cdot}27$ গ্রাম।

সুতরাং, কষ্টিক সোডার নির্ণেয় ওজন $=11{\cdot}27$ গ্রাম, উত্তর।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

$55+2\times16$ 22·4 লিটার

বা 87   (প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য MnO_2 প্রয়োজন 87 গ্রাম,

∴ প্রমাণ অবস্থায় 3·155 লিটার ক্লোরিন উৎপাদনের জন্য

$$MnO_2 \text{ প্রয়োজন } \frac{87\times3{\cdot}155}{22{\cdot}4} \text{ বা } 12{\cdot}25 \text{ গ্রাম,}$$

∴ MnO_2-এর নির্ণেয় ওজন=12·25 গ্রাম, উত্তর।

উদাহরণ 12. 2 কিলোগ্রাম চুনাপাথরের উপর 3 লিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 27° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এবং প্রমাণ চাপে কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে ? এই চুনাপাথরে শতকরা 60 ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে এবং ঐ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 1 16 এবং উহাতে ওজন হিসাবে শতকরা 20 ভাগ অ্যাসিড আছে।

What volume of carbon dioxide at 27°C and normal pressure will be obtained by the action of 3 lities of hydrochloric acid (specific gravity 1·16) containing 20 per cent of the acid by weight on 2 kilograms of limestone. Limestone contains 60 per cent of calcium carbonate.

সমাধান—

1 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন 1·16 গ্রাম

∴ 3 লিটার বা 3000 c.c. ,, ,, ,, $(3000\times1{\cdot}16)$

বা 3480 গ্রাম।

100 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে HCl আছে 20 গ্রাম,

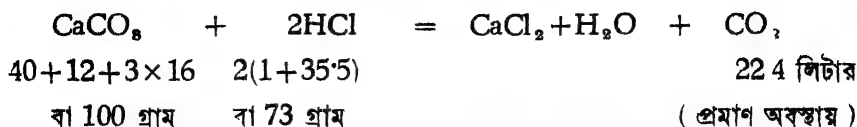
∴ 3480 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে HCl আছে

$$\frac{20\times3480}{100} \text{ বা } 696 \text{ গ্রাম।}$$

100 গ্রাম চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে 60 গ্রাম,

∴ 2 কিলোগ্রাম বা 2000 গ্রাম চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে

$$\frac{60\times2000}{100} \text{ বা } 1200 \text{ গ্রাম।}$$



$$\underset{\substack{40+12+3\times16 \\ \text{বা } 100 \text{ গ্রাম}}}{CaCO_3} + \underset{\substack{2(1+35{\cdot}5) \\ \text{বা } 73 \text{ গ্রাম}}}{2HCl} = CaCl_2 + H_2O + \underset{\substack{22{\cdot}4 \text{ লিটার} \\ (\text{প্রমাণ অবস্থায়})}}{CO_2}$$

73 গ্রাম HCl-এর জন্য $CaCO_3$ প্রয়োজন 100 গ্রাম,

696 গ্রাম ,, ,, ,, ,, $\frac{100\times696}{73}$ বা 953·42 গ্রাম।

কিন্তু ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ 1200 গ্রাম। সুতরাং এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ অ্যাসিড ব্যবহৃত হইবে এবং কিছু ক্যালসিয়াম কার্বনেট অপরিবর্তিত থাকিবে। অতএব উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ HCl-এর পরিমাণের উপর নির্ভর করে। কারণ, HCl সম্পূর্ণ ব্যবহৃত হইয়া গেলে বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

73 গ্রাম HCl-এর সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

∴ 696 গ্রাম HCl-এর সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড

পাওয়া যায় $\frac{22{\cdot}4\times696}{73}$ বা 213·567 লিটার।

প্রমাণ অবস্থায় 213·567 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড যদি 27° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রমাণ চাপে V লিটার হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{V\times760}{273+27}=\frac{213{\cdot}567\times760}{273} \text{ বা } \frac{V\times760}{300}=\frac{213{\cdot}567\times760}{273}$$

$$\text{বা} \quad V=\frac{213{\cdot}567\times760\times300}{760\times273}=234{\cdot}689$$

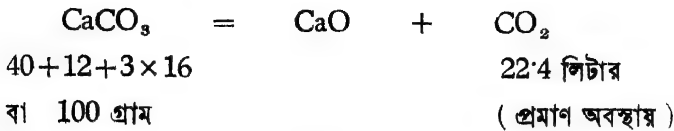
∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন=234·689 লিটার, উত্তর।

উদাহরণ 13 ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণের 1 গ্রাম প্রমাণ অবস্থায় 240 c.c কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। মিশ্রণটির সংযুক্তি নির্ণয় কর।

1 g. of a mixture of the carbonates of calcium and magnesium gave 240 c.c. of carbon dioxide at N.T.P. Calculate the composition of the mixture.

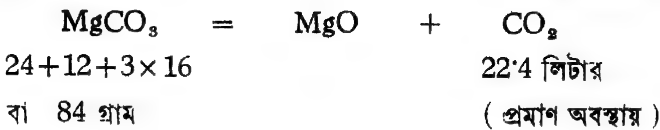
সমাধান—

মনে কর, মিশ্রণে x গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে। সুতরাং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ $=(1-x)$ গ্রাম।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$40+12+3\times16$ বা 100 গ্রাম ; 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)



$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

$24+12+3\times16$ বা 84 গ্রাম ; 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়)

প্রমাণ অবস্থায়,

100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড,

$\therefore$ x গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে $\frac{22{\cdot}4\times x}{100}$ লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড,

84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড,

$\therefore$ $(1-x)$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে $\frac{22{\cdot}4(1-x)}{84}$ লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড।

অতএব, উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের মোট আয়তন

$$\frac{22{\cdot}4\times x}{100}+\frac{22{\cdot}4\times(1-x)}{84} \text{ লিটার}$$

কিন্তু প্রশ্নানুসারে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে 240 c.c. = ·24 লিটার।

$$\therefore \quad \frac{22{\cdot}4\times x}{100}+\frac{22{\cdot}4\times(1-x)}{84}={\cdot}24$$

বা, $84\times22{\cdot}4x+100\times22{\cdot}4(1-x)={\cdot}24\times100\times84$

বা, $188{\cdot}16x+2240(1-x)=2016$

বা, $358{\cdot}4x=224$, বা, $x=0{\cdot}625$

সুতরাং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন $=0{\cdot}625$ গ্রাম, এবং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের ওজন $=(1-0{\cdot}625)=0{\cdot}375$ গ্রাম।

1 গ্রাম মিশ্রণে ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে 0·625 গ্রাম,

∴ 100 ,, ,, ,, ,, ,, $0{\cdot}625 \times 100$ বা 62·5 গ্রাম।

সেইরূপ, 100 গ্রাম মিশ্রণে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট আছে $0{\cdot}375 \times 100$ বা 37·5 গ্রাম।

অতএব, মিশ্রণের সংযুতি—ক্যালসিয়াম কার্বনেট = 62·5%
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট = 37·5%, উত্তর।

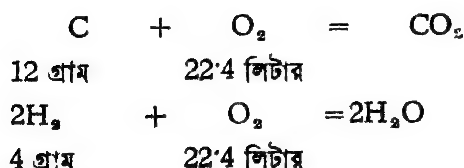
উদাহরণ 14. বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21 ভাগ অক্সিজেন আছে। 60 গ্রাম মোমবাতির সম্পূর্ণ দহনের জন্য 27 C তাপমাত্রা ও 750 mm. চাপে ঐ বায়ুর কত আয়তন প্রয়োজন? মোমবাতিতে ওজন হিসাবে শতকরা 80 ভাগ কার্বন ও 20 ভাগ হাইড্রোজেন আছে।

Assuming air to contain 21% by volume of oxygen, what volume of air at 27°C and 750 mm. pressure will be required for the complete combustion of 60 g. of a paraffin candle composed of 80 per cent carbon and 20 per cent hydrogen?

সমাধান—

100 গ্রাম মোমে কার্বন 80 গ্রাম এবং হাইড্রোজেন 20 গ্রাম,

∴ 60 গ্রাম মোমে কার্বন $\frac{80 \times 60}{100}$ বা 48 গ্রাম এবং হাইড্রোজেন $\frac{20 \times 60}{100}$ বা 12 গ্রাম।



$$C + O_2 = CO_2$$
12 গ্রাম 22·4 লিটার

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
4 গ্রাম 22·4 লিটার

প্রমাণ অবস্থায়,

12 গ্রাম কার্বনের জন্য অক্সিজেন লাগে 22·4 লিটার,

∴ 48 গ্রাম ,, ,, ,, $22{\cdot}4 \times 4$ বা 89·6 লিটার।

আবার, 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের জন্য অক্সিজেন লাগে 22·4 লিটার,

∴ 12 গ্রাম ,, ,, ,, $22{\cdot}4 \times 3$ বা 67·2 লিটার।

∴ 60 গ্রাম মোমের সম্পূর্ণ দহনের জন্য প্রমাণ অবস্থায় মোট অক্সিজেনের প্রয়োজন (89·6+67·2) বা 156·8 লিটার। সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় মোট বায়ুর আয়তন $\frac{156 \cdot 8 \times 100}{21}$ লিটার, কারণ 100 আয়তনের বায়ুতে 21 আয়তনের অক্সিজেন আছে।

বায়ুর এই আয়তন যদি 27°C এবং 750mm. চাপে V হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{V \times 750}{27+273} = \frac{156 \cdot 8 \times 100 \times 760}{21 \times 273} \text{ বা, } \frac{V \times 750}{300} = \frac{156 \cdot 8 \times 100 \times 760}{21 \times 273}$$

$$\text{বা, } \quad V = \frac{156 \cdot 8 \times 100 \times 760 \times 300}{21 \times 273 \times 750} = 831 \cdot 2$$

সুতরাং বায়ুর আয়তন = 831·2 লিটার, উত্তর।

অনুশীলনী 12 (II)

1. 10 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের অক্সিজেন পাওয়া যাইবে?

1. What volume of oxygen at N.T.P. can be obtained by heating 10 g. of potassium chlorate ? [Ans. 2·743 litres.]

2. প্রমাণ অবস্থায় 12 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কত ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে তীব্র উত্তপ্ত করিতে হইবে?

2. How much calcium carbonate should be strongly heated to get 12 litres of carbon dioxide at N.T.P. ? [Ans. 53·57 g.]

3. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে 10 গ্রাম বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিলে 0°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে?

3. What volume of carbon dioxide, measured at 0°C and 760 mm. pressure, would be produced when 10 grams of pure calcium carbonate is dissolved in dilute hydrochloric acid ?

[Ans. 2·24 litres.]

4. প্রমাণ অবস্থায় 5 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে কত ওজনের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন ?

4. What weight of ammonium chloride would be required to prepare 5 litres of ammonia at N.T.P. ? [Ans. 11·94 g.]

5. 1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং 1 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট পৃথকভাবে বিযোজিত করিয়া অক্সিজেন উৎপাদন করা হইল। প্রমাণ অবস্থায় নির্গত অক্সিজেনের আয়তন তুলনা কর।

5. 1 g. each of potassium chlorate and potassium nitrate is separately decomposed to yield oxygen. Compare the volumes of oxygen liberated at N.T.P. [Ans. 0·2742 : 0·1109]

6. 10 গ্রাম কপার এবং 10 গ্রাম সালফার পৃথকভাবে অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। নির্গত সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন তুলনা কর।

6. 10 g. of copper and 10 g. of sulphur are separately heated with excess of strong sulphuric acid. Compare the volumes of sulphur dioxide produced (Cu = 63)

[*Calcutta I. Sc.*] [Ans. 32 : 189]

7. 10 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জিঙ্কের সহিত এবং ঐ পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিল। প্রতিক্ষেত্রে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের গ্যাস নির্গত হইবে ?

7. 10 grams of hydrochloric acid act on zinc and the same weight of the acid acts on calcium carbonate. What volume of gas, measured at normal temperature and pressure, is produced in each case ? [Ans. উভয় ক্ষেত্রে 3·068 litres.]

8. অতিরিক্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কত ওজনের জিঙ্ক দ্রবীভূত করিলে 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে 0·57 লিটার হাইড্রোজেন নির্গত হইবে নির্ণয় কর। কি পরিমাণ জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হইবে ?

8. Calculate the weight of zinc which, when dissolved in excess of dilute sulphuric acid, will liberate 0·57 litre of hydrogen at 27°C and 750 mm. pressure.

How much zinc sulphate will be produced ? [*H. S. Exam. 1961*]

[Ans. Zn, 1·4914 g. ; $ZnSO_4$, 3·6812g.]

9. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিছু পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করিলে 0°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে 3 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন নির্ণয় কর।

9. Calculate the weight of calcium carbonate which when completely dissolved in hydrochloric acid will liberate 3 litres of carbon dioxide at 0°C and 750 mm. pressure.

[*H. S. Exam. 1960* (*comp*). [Ans. 13·21 g.]

10 10 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে বর্তমান সমস্ত নাইট্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত ?

10. What would be the volume at N.T.P. of the whole of the nitrogen present in 10 g. of nitric acid ? [Ans. 1·777 litres]

11. বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের কত ওজনে প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটার ক্লোরিন আছে ?

11. What weight of pure hydrochloric acid would contain 10 litres of chlorine at N.T.P. ? [Ans. 32·588 g.]

12. 1·225 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট তীব্র উত্তপ্ত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 336 c.c. অক্সিজেন নির্গত হয় এবং 0·745 গ্রাম অবশেষ থাকে। অক্সিজেনের ঘনত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব কত ?

12. When 1·225 g. of potassium chlorate were strongly heated, 336 c.c. of oxygen were evolved at N. T.P., and the residue weighed 0·745 g. What is the density of oxygen, and its molecular weight ?

[Ans. 1·44 g. প্রতি লিটারে ; 32]

13. 1 গ্রাম কার্বন সম্পূর্ণ দহন করিলে 12°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে যত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

13. Calculate the volume of carbon dioxide measured at 12°C and 750 mm. pressure which can be obtained by the complete combustion of 1 g. of carbon. [H. S. Exam. 1967]

[Ans. 1·973 litres]

14. প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার কার্বন মনোক্সাইড কি পরিমাণ কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত করিবে ?

14. What weight of cupric oxide would be reduced by 1 litre of carbon monoxide, the gas being measured at N.T.P. ?

[Ans. 3·549 g.]

15. লোহিত-তপ্ত লৌহের উপর দিয়া 2 গ্রাম ষ্টীম প্রবাহিত করা হইল। 10°C তাপমাত্রায় এবং 770 mm. চাপে কত আয়তনের হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ?

15. 2 g. of steam are passed over red-hot iron. What volume of hydrogen at 10°C and 770 mm. is formed ? [Ans. 2·546 litres.]

16. 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 15°C তাপমাত্রায় এবং 780 mm. চাপে কত আয়তনের হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে ?

16 What volume of hydrogen, collected at 15°C and 780 mm. pressure, would be obtained by dissolving 10 g. magnesium in dilute sulphuric Acid ? [Ans. 9 59 litres.]

17. অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত 10 গ্রাম সোডিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করা হইল এবং 17°C তাপমাত্রায় এবং 758 mm. চাপে উৎপন্ন নাইট্রোজেন জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। নাইট্রোজেনের আয়তন কত ? 17°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ=14·4 mm.

17. What volume of nitrogen, measured over water at 17°C and 758 mm. pressure would be obtained by heating 10 g. of sodium nitrite with excess of ammonium chloride solution ? Tension of aqueous vapour at 17°C=14 4 mm. [Ans. 3 524 litres]

18. 15° সেণ্টিগ্রেডে এবং 750 মিলিমিটার চাপে 100 লিটার অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করিতে কত গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন ?

18. How many grams of ammonium chloride would be required to prepare 100 litres of ammonia at 15°C and 750 mm. pressure ? [Ans. 223·41 g.]

19. জিঙ্কের ছিব্‌ড়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সম্পূর্ণ বিক্রিয়া করে, ইহা ধরিয়া লইয়া হিসাব কর—30°C তাপমাত্রায় এবং 754 mm. চাপে 1000 c.c. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে কি পরিমাণ জিঙ্কের ছিব্‌ড়া প্রয়োজন হইবে।

19. Assuming that granulated zinc completely reacts with dilute sulphuric acid, calculate the amount of the former (i.e. granulated zinc) which would give 1000 c.c. of dry hydrogen at 30°C and 754 mm. pressure. [*Calcutta, I. Sc.* [Ans. 2·614 g.]

20. 10 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 17°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে কত আয়তনের ক্লোরিন উৎপন্ন হয় ? (Mn = 55)

20. What volume of chlorine at 17°C and 750 mm. pressure is produced by the action of concentrated hydrochloric acid on 10 g. of manganese dioxide ? (Mn = 55) [Ans. 2·771 litres]

21. অ্যাসিডে 44 গ্রাম ফেরাস সালফাইড দ্রবীভূত করিয়া 15°C তাপমাত্রায় এবং 770 mm. চাপে কত আয়তনের হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায় ?

21. What volume of hydrogen sulphide at 15°C and 770 mm. pressure is evolved on dissolving 44 g. of ferrous sulphide in acid ?
[Ans. 11·662 litres]

22. 1·0 গ্রাম একটি যৌগে 0·262 গ্রাম নাইট্রোজেন, 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 0·663 গ্রাম ক্লোরিন আছে। যৌগটির সরলতম সঙ্কেত নির্ণয় কর। এই যৌগটির কত ওজন হইতে 27°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে এক লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস পাইবে বাহির কর।

22. 1·0 g. of a compound contains 0·262 g. of nitrogen, 0·075 g. of hydrogen and 0·663 g. of chlorine. Find its simplest formula.

Calculate the quantity of the above substance from which you can get one litre of ammonia gas at 27°C and 760 mm. pressure.
[*H. S. Exam. 1962 (comp.)* Ans. NH_4Cl ; 2·1734 g.]

23. 100 c.c. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে 12°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে 5 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়। ঐ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের শতকরা-মাত্রা এবং আয়তন-মাত্রা কত ?

23. 100 c.c. of a solution of hydrogen peroxide in water give 5 litres of oxygen at 12°C and 750 mm. pressure. What is the strength of hydrogen peroxide in the solution in terms of percentage and volume strength ? [Ans. 14·33% ; 47·2]

24. পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের সহিত "20-আয়তন" মাত্রাবিশিষ্ট 25 c.c. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশান হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন নির্গত হইবে ?

24. 25 c.c. of "20-volume" hydrogen peroxide are added to a solution of potassium iodide. What weight of iodine will be liberated ? [Ans. 11·34 g.]

25. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত 25 গ্রাম জিঙ্কের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন নির্গত হয় তাহা সম্পূর্ণ দহন করিতে 12°C তাপমাত্রায় ও 780 mm. চাপে কত অক্সিজেন প্রয়োজন ? (Zn=65·5)

25. What volume of oxygen at 12°C and 780 mm. pressure will be required to burn all the hydrogen evolved by the action of dilute hydrochloric acid on 25 g. of zinc ? (Zn=65·5)

[*Calcutta, I. Sc.* Ans. 4·35 litres.]

26. সমপরিমাণে মিশ্রিত সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 1 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ ইহার ওজনের আর হ্রাস না হয়। প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় ?

26. 1 g. of a mixture of sodium carbonate and sodium bicarbonate, in equal proportions by weight, is ignited until there is no more loss in weight. What volume of carbon dioxide is evolved at N. T. P. ? [Ans. 66·66 c.c.]

27. 214 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অতিরিক্ত কলিচুনের বিক্রিয়ায় 15°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm. চাপে কত আয়তনের অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় ?

27. What volume of ammonia at 15°C and 740 mm pressure could be obtained fron 214 g. of ammonium chloride and excess slaked lime ? [Ans. 97·08 litres]

28. 1·3 গ্রাম জিঙ্ক এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হইল। ঐ অ্যাসিড দ্রবণে 3·0 গ্রাম H_2SO_4 আছে। বিক্রিয়া-শেষে কোন্ উপাদানটি সম্পূর্ণ ব্যবহৃত হইয়া যায় ? 37°C তাপমাত্রায় এবং 755 mm. চাপে কত আয়তনের হাইড্রোজেন নির্গত হয় ?

28. 1·3 g. of zinc are allowed to react with dilute sulphuric acid containing 3·0 g. of H_2SO_4. Which of these chemicals is

used up when the reaction ceases, and what is the volume of hydrogen at 37°C and 755 mm. pressure? (Zn=65; S=32)
[*H. S. Exam. 1963* (*Comp.*) **Ans.** জিঙ্ক; 0·512 litres]

29. 14°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে 10 লিটার কার্বন মনোক্সাইড তৈয়ারী করিতে হইবে। এইজন্য প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া পরিচালিত করিতে হইবে? কত কার্বন ব্যবহৃত হইবে?

29. 10 litres of carbon monoxide at 14°C and 760 mm. pressure are to be prepared. What volume of carbon dioxide at N. T. P. should be passed over red-hot carbon and what weight of carbon is used? [**Ans.** 4·756 litres; 2·547 g.]

30. 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 mm. চাপে 1 লিটার নাইট্রোজেন তৈয়ারীর জন্য কত অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিন প্রয়োজন নির্ণয় কর।

30. Calculate the weight of ammonia and chlorine required to produce one litre of nitrogen at 27°C and 750 mm.?
[*Calcutta, I.Sc.*] [**Ans.** NH_3, 5·45 g. Cl, 8·55 g.]

31. কপার সালফেটের একটি জলীয় দ্রবণে 2 গ্রাম $CuSO_4$ আছে। দ্রবণ হইতে কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে 27°C তাপমাত্রায় ও 750 mm. চাপে কত আয়তনের সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রয়োজন? কি পরিমাণ ফেরাস সালফাইড হইতে প্রয়োজনীয় সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে? (Cu=63·5, Fe=56)

31 What volume of sulphuretted hydrogen, measured at 27°C and 750 mm. would precipitate the copper in a solution of 2 g. of $CuSO_4$ in water? How much ferrous sulphide would give the requisite quantity of sulphuretted hydrogen? (Cu=63·5, Fe=56)
[*H. S Exam. 1964*] [**Ans.** 0·3126 litres; 1·103 g.]

32. 100 c.c. পটাসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবণ হইতে সমস্ত ব্রোমিন নির্গত করিবার জন্য প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের ক্লোরিন প্রয়োজন? ব্রোমাইড দ্রবণের প্রতি লিটারে 10 গ্রাম ব্রোমাইড আছে।

32. What volume of chlorine at N. T. P. should be passed into 100 c.c. of potassium bromide solution containing 10 g. of the

bromide per litre in order to liberate completely all the bromine ?

[**Ans.** 94·1 c.c.]

33. 5 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন নির্গত হয় তাহার সহিত বিক্রিয়ার জন্য 12°C তাপমাত্রায় ও 740mm. চাপে যত আয়তনের ক্লোরিন প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর। উৎপন্ন পদার্থের ওজন নির্ণয় কর।

33. Calculate the volume of chlorine, measured at 12°C and 740 mm pressure, which will react with the whole of hydrogen generated by the solution in dilute sulphuric acid of 5 g. of magnesium ; also calculate the weight of the product.

[**Ans.** 4·94 litres ; 15 g.] [*London Matric*]

34, 11·2 গ্রাম আয়রনকে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করিতে হইলে 27°C তাপমাত্রায় ও 750 mm. চাপে কত আয়তনের ক্লোরিন প্রয়োজন ? উৎপন্ন অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের ওজন কত ?

সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ঐ পরিমাণ ক্লোরিন তৈয়ারী করিতে যত পাইরোলুসাইট প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর। পাইরোলুসাইটে ওজন হিসাবে শতকরা 60 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড আছে।

34. What volume of chlorine at 27°C and 750 mm. pressure will be required to convert 11·2 g. of iron into anhydrous ferric chloride ? What is the weight of anhydrous ferric chloride formed ?

Calculate the quantity of pyrolusite containing 60% by weight of manganese dioxide which would be required to liberate this amount of chlorine from sodium chloride.

[**Ans.** ক্লোরিন, 7·483 litres ; $FeCl_3$, 32·5 g. ; পাইরোলুসাইট 43·5 g.]

35 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ সালফার বায়ুতে দহন করিলে প্রমাণ অবস্থায় 600 cc. সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহাতে বিশুদ্ধ সালফারের শতকরা মাত্রা কত ?

35. 1 g. of impure sulphur, when burnt in air, produces 600 c.c. of sulphur dioxide at N. T. P. Calculate the percentage of pure sulphur in the specimen. [**Ans.** 85·71%]

36. চূর্ণ চক এবং বালির একটি মিশ্রণের 5 গ্রাম অতিরিক্ত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে মিশাইলে 13°C তাপমাত্রায় ও 748 mm. চাপে 554·5 c.c. শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। মিশ্রণে চকের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

36. 5 g. of a mixture of powdered chalk and sand when treated with excess dilute hydrochloric acid yielded 554 5 c c. of dry carbon dioxide measured at 13°C and 748 mm. Calculate the percentage of chalk in the mixture. [Ans. 46·5%]

37. একটি নমুনার ফেরাস সালফাইডে কিছু আয়রন মিশ্রিত আছে। লঘু অ্যাসিডের সহিত উহা হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে এবং ইহার সহিত আয়তন হিসাবে 5% হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ঐ নমুনায় আয়রনের শতকরা মাত্রা কত? (Fe=56, S=32)।

37. A sample of ferrous sulphide contains some free iron. On treatment with dilute hydrochloric acid it gives hydrogen sulphide containing 5% of hydrogen by volume. What is the percentage of free iron in the sample? (Fe=56, S=32) [Ans. 3·24%]

38. 1 গ্রাম আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করিতে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তনের H_2S প্রয়োজন?

38. 1 g of iron is converted into ferric chloride and the product is dissolved in water. What volume of H_2S at N.T.P. will be theoretically required to completely reduce the ferric chloride to ferrous chloride? (Fe=56) [*Patna, I. Sc*] [Ans. 200 c c.]

39. 1 গ্রাম সালফার সম্পূর্ণ দহনের জন্য 20°C তাপমাত্রায় ও 780 mm. চাপে কত আয়তনের বায়ু প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর। বায়ুতে আয়তন হিসাবে 20 8% অক্সিজেন আছে।

39. Find the volume of air, measured at 20°C and 780 mm. that would be required for the complete combustion of 1 g. of sulphur. Air contains 20·8% of oxygen by volume.

[*Calcutta*, I. *Sc*.] [Ans. 3 52 litres]